Botanisches Institut der Universität Würzburg
(Direktor: Professor Dr. H. Burgeff).

Ernährungsphysiologische Untersuchungen an Epiphyten

Inaugural-Dissertation

verfaßt

und

der Hohen Philosophischen Fakultät

der

Julius-Maximilians-Universität zu Würzburg

vorgelegt

von

Karl Schwarz
aus Düsseldorf.

1988.

1936.
Buchdruckerei Heinr. Ohligschläger, Düsseldorf.

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

Referent: Professor Dr. H. Burgeff.

Dem Andenken meines verehrten Onkels
Herrn Carl Wolf gewidmet.

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41549822_0152

Ernährungsphysiologische Untersuchungen an Epiphyten.

Einteilung.

Seite

Zum Thema 1

Einschränkungen 2

Literaturübersicht 3

Methodik 4

Versuche:

Vorversuche . . . . . 4—5 und 29—31

Hauptversuche über optimale und maximale H-Jonenkonzentration . . . . . 7—23

Hauptversuche über optimale und maximale Salzkonzentrationen . . . . . 34—50

Zusammenfassung der Ergebnisse 50

Schlußbetrachtung über die Möglichkeit der Wasserkultur bei Orchideen 52

Benutzte Quellen . . . . . 54—55

Text zu den Figuren . . . . . 56—58

Einteilung der Versuche.

Vorversuche: über

A Giftige Metallsalze Fe", Fe"', Mg"
B Schutzwirkung von Orchidal
C Sauerstoffbedürfnis

Hauptversuche:

1. Keimungsversuch an Cattleyen
2. Keimungsversuch an Oncidium, Odontoglossum und Cymbidium
3. Kulturversuch auf verschiedenen Nährlösungen an Cymbidium, Cypripedium, Doritis, Bulbophyllum, Oncidium und Coelogyne
4. Kulturversuch auf 4 Nährlösungen von durch Titration variirtem PH
5. Reagenzglasversuch mit Schwefelsäure an Oncidium und Rhipsalis
6. Reagenzglasversuch mit Salzsäure an Oncidium und Lindmannia
7. Kulturversuch auf Zinzadze-Lösungen an Cattleya
8. Kulturversuch auf Zinzadze-Lösungen an Phalaenopsis
9. Kulturversuch auf Zinzadze-Lösungen an Anthurium
10. Kulturversuch auf Zinzadze-Lösungen an Vriesea.
11. Kulturversuch auf Zinzadze-Lösungen an Kryptantus
12. Kulturversuch auf Zinzadze-Lösungen an Bilbergia
13. Kulturversuch auf Zinzadze-Lösungen an Rhipsalis
14. Allgemeine Beobachtungen
15. Reagenzglasversuch mit Ein-Salz-Lösung an Luftwurzel und Sämlingen
16. Reagenzglasversuch mit verschiedenen Konzentrationen von „Nitrophoska"
17. Kulturversuch mit Nährlösung und Orchidal an Rhipsalis
18. Kulturversuch mit Orchidal an Bilbergia
19. Reagenzglasversuch mit Nährlösung und Orchidal an Luftwurzeln
20. Kulturversuch auf Nährlösung von verschiedenen Konzentrationen an Phalaenopsis
21. Kulturversuch auf Nährlösung von verschiedener Konzentration an Anthurium
22. Kulturversuch auf Nährlösung von verschiedener Konzenzentration an Kryptantus

Einleitung.

Ist die Scheidung der Pflanzenwelt in epiphytische und terrestrische Pflanzen eine Unterscheidung, die nur mit dem Metermaß den Abstand einer Pflanze von der Erdoberfläche mißt, oder gibt es ein gemeinsames physiologisches Merkmal, das, aus ihren Standortsverhältnissen erwachsen, alle Epiphyten verbindet und sie von den terrestrischen Pflanzen abgrenzt?

Dies ist die eine Frage, die meiner Arbeit vorlag.

Der Unterschied des Standortes ist bei einer Phalaenopsis im immer-feuchten Nebelwald und bei einem Cryptanthus, der auf Telegraphendrähten in prallster Sonne wachsen kann, nicht kleiner als der, bei einer unserer einheimischen Waldorchideen und eines alpinen Sempervivums. Die Faktoren Licht und Schatten, hohe und niedrige Dampfspannung, hoher und niedriger Salzgehalt, konstanter und varriierender PH-Wert, werden genau wie bei den terrestrichen Pflanzen den oekologischen Thyphus dieses oder jenes Epiphyten bestimmen. Lassen sich also auch bei den Epiphyten diese oekologischen Unterscheidungen in xerophil und hygrophil treffen? Wenn ja, lassen sich diese oekologischen Typen wenigstens angenähert auf Pflanzenfamiliën beziehen?

Dies war die andere Frage, die ich mir in vorliegender Arbeit zur Lösung stellte.

Im Hintergrund dieser Anschauung stand noch eine weitere Frage, die des Praktikers, des Gärtners, ob sich die gewonnenen Erkenntnisse auf unsere Kulturen anwenden lassen, ob sich diese Erfahrungen mit denen des Gärtners decken, und ob sich mit diesen Versuchen Lücken in unserer Vorstellung vom Haushalt der Epiphyten ausfüllen lassen.

Einschränkungen.

Um diese Fragen im Rahmen einer Dissertation zu lösen waren folgende Einschränkungen notwendig, die zum Teil die Bedeutung der Ergebnisse minderten. Untersuchungen der Pflanzen an ihrem natürlichen Standort schieden aus. Der Einfluß von Belichtung, Temperatur und Luftfeuchtigkeit wurde nicht untersucht. Ich beschränkte mich auf Untersuchungen mit Hilfe der Methodik der Wasserkultur im gebräuchlichen oder leicht abgewandelten Sinne.

Hinsichtlich des Pflanzenmaterials mußte ich mich auf die in unseren Gewächshäusern kultivierten Pflanzen beschränken, unter denen ich je einige Vertreter einer Familie auswählte. Herr Professor Burgeff stellte mir aus den Vorräten des Botanischen Gartens in Würzburg Orchideensämlinge zur Verfügung. Großen Dank schulde ich auch meinem inzwischen verstorbenen Onkel, Herrn C. Wolf, Langenfeld Rhld. der mir in großzügiger Weise mit Jungpflanzen von Orchideen, Anthurien und Bromelien aushalf. Einen Teil der benötigten Jungpflanzen zog ich selbst aus Samen, hauptsächlich Bromeliaceen, der mir vom Botanischen Garten Würzburg zur Verfügung gestellt worden war.

Leider kann man die von mir zu Versuchen herangezogenen Pflanzen nicht als „genetisch einwandfrei" bezeichnen, denn sie stammen von Eltern die zum Teil schon seit mehreren Generationen im züchterichen Sinne ausgelesen worden sind. Dieser Nachteil, der sich in einer größeren Streuung der Ergebnisse gelegentlich zeigt, ist nicht zu umgehen. Um durch vegetative Vermehrung einen Stamm, einen Klon von nur 50 Exemplaren zu erzielen, würde man bei einer Bilbergia etwa 10 Jahre, bei einem Anthurium 15 Jahre und bei einer Cattleya etwa 50 Jahre benötigen.

Betrachten wir beispielsweise einen Satz von 3000 ausgewachsenen Exemplaren von Bilbergia rhodocyanea. Diese stammen von etwa 15 annähernd gleichen Samenpflanzen und waren ausgesät worden im Frühjahr 1931. Hiervon haben etwa 10 % dreijährig geblüht, 70 bis 80 % blühen erst vierjährig, während der Rest erst im fünften zur Blüte kommen wird. Wir haben hierbei schon eine Schwankung von 3 Jahren innerhalb einer Gesamtwachstumszeit von 5 Jahren. Unter diesen Pflanzen lassen sich, zweijährig, ohne weiteres gutgezeichnete von schlecht gezeichneten, niedrige von hohen, breitblättrige von schmalblättrigen, wüchsige von weniger wüchsigen unterscheiden. Diese Unterscheidungen gelingen jedoch erst, wenn die Pflanzen mindestens Eineinhalbjährig sind. Da ich aus technischen Gründen nur einjährige, noch ungezeichnete Jungpflanzen nehmen mußte, trugen die Pflanzen noch alle diese divergierenden Eigenschaften unerkannt in sich.

Literaturübersicht.

Literaturangaben, die sich direkt auf die hier gestellten Fragen beziehen, fand ich nicht. Allerdings fand ich eine Reihe von Bestimmungen des PH-Optimums an Orchideen, aber diese galten nur für die Samenkeimung. So fand ich bei Burgeff (Samenkeimung) als optimales Keimungs-PH.

Vanda	4,2	Cattleya	3,5—4,8
Cymbidium	3,5—4,2	Phalaenopsis	3,0—3,8
	und mit Citronensäurepuffer		
Oncidium	5,3	Vanda, Vandopsis	5,3
Ondotoglossum	5,7	Broughtonia	5,7

Burgeff schreibt „bemerkenswert ist aber, daß auf Nitratböden über PH 5,3 bei Cattleyen kein normaler Wuchs mehr auftritt, also schon bei einer Alkalität, die für andere höhere Pflanzen als optimal gelten kann. Hier scheinen doch spezifische Ansprüche der Orchideen eine Rolle zu spielen".

Derartige Daten sind ebenfalls zu finden in den Untersuchungen von Knudson, Lyle Wind und Quednow. Hierbei ist noch zu bedenken, daß aus der Erfahrung der praktischen Orchideenanzucht aus Samen sich herausgestellt hat, daß für die meisten tropischen Orchideen das Optimum für die Keimung etwa 0,5 PH bis 1,0 tiefer (saurer) ist als das Optimum für Wachstum größerer Sämlinge.

Über die Frage der Nährlösung kann ich nur auf die vielfachen Angaben verweisen, die sich in dem Lehrbuch von Hiltner-Hohenkamp vorfinden. Spezielles zu den Nährlösungen nach Zinzadze, (siehe Seite 4 u. 5) die ich sehr oft benutzte, sind daselbst nachzusehen. Was die Frage der Erträglichkeit hoher Salzkonzentrationen anbetrifft, so gibt es auf diesem Gebiet, allerdings meines Wissens nicht an Epiphyten, viele neue Arbeiten, die sich in ihren Randgebieten manchmal mit meinen Fragen überschneiden, die aber nichts zu meinem Problem selbst sagen. So die Arbeiten von Aljin W. S., Steiner, Walter H. u. a. Über Aschenverhältnis an Orchideen, allerdings nur meist an einheimischen, deren Ergebnisse gut mit denen meiner Arbeit übereinstimmen, fand ich bei Stahl Angaben. Physiologische Untersuchungen an Bromeliaceen, soweit es sich um Wasseraufnahme und Saughaare handelt, finden sich bei Mez, Lieske und Wetzel. Über Aussalzung siehe die neuen Arbeiten von Arens, Burgerstein u. a. Über die Wirkung von Humussäuren gibt es eine ungeheuer reiche Literatur von Lehrbüchern über Kolloidchemie bis zu Detailfragen von Burk, Lisse, Weaver, Horner, Hilitzer, Kissel, Köhler, Lieske, Nikitinski, um nur einige zu nennen. Das prägnant gefaßte Thema meiner Arbeit erlaubte es mir nicht, der Literatur zuliebe von meiner Arbeit abzuschweifen.

Im folgenden gebe ich ein Verzeichnis der von mir zu irgendeinem Versuche herangezogenen Pflanzen:

Orchideen:

Arachnis flos aeris	Doritis taenialis
Arachnis maingrazi	Oncidium Rogersi
Bulbophyllum odoratissimum	Oncidium Cavendishii
Cattleya „hybrida"	Oncidium altissimum
Coelogyne swaniana	Phalaenopsis „hybrida"
Coelogyne fimbriata	Vanda tricolor
Cymbidium lowianum	Vanilla planifolia
Cypripedium insigne	

Araceen:

Anthurium Scherzerianum — Anthurium Andreanum

Cactaceen:

Rhipsalis spec.

Bromeliaceen:

Lindmannia penduliflora	Cryptanthus acaulis ruber
Bilbergia liboniana	Cryptanthus bivitatus
Vrisea splendens	Cryptanthus zonatus.

Methodik.

Als Kulturgefäße verwandte ich gutlasierte Tonkrüge von 1 Ltr. (bayerische Maßkrüge) oder 1½ Ltr. Inhalt, Glasgefäße aus gewöhnlichem Glas und Jenaer Reagenzgläser 16÷160. Sämtliche Gefäße waren fabrikneu und wurden vor Gebrauch folgender Reinigung unterworfen: Einstündiges Kochen mit stark verdünnter Salzsäure, danach Spülung mit Regenwasser, sodann Füllung mit Regenwasser, das 2 mal 8 Tage darin belassen wurde. Bevor sie zum Versuch benutzt wurden, wurde noch einmal mit destilliertem Wasser gespült. Als Deckel wurden entsprechend durchbohrte Schieferplatten verwandt, die vorher gründlich in destilliertem Wasser gewaschen worden waren oder Steinpappe, die mehrmals gut paraffiniert worden war.

Als Nährlösungen kamen zur Verwendung: Die Nährlösung nach Von der Krone, Knudsons Orchideenlösung, die Lösung nach Knop und die hier mit B. N. L. bezeichnete, sowie die 4 Nährlösungen nach Zinzadze, sauer, schwach sauer, neutral, alkalisch. Zusammensetzung der 4 Lösungen nach Zinzadze:

sauer		schwach sauer		neutral	
NO_3K	0,17 gr	KNO_3	0,50 gr	KNO_3	1,00 gr
NO_3NH_4	0,34 gr	NH_4NO_3	0,20 gr	$MgSO_4$	0,50 gr
$MgSO_4$	0,50 gr	$MgSO_4$	0,50 gr	$Ca_3(PO_4)_2$	0,70 gr
KCl	0,62 gr	KCl	0,63 gr	$Fe_2(SO_4)_3$	0,20 gr
$Ca_3(PO_4)_2$	0,70 gr	$Ca_3(PO_4)_2$	5,00 gr	$KHCO_3$	0,50 gr
$Fe_2(SO_4)_3$	0,2 gr	$Fe_2(SO_4)_3$	0,20 gr		

KNO_3	1,00 gr
$CaSO_4$	0,50 gr
$Mg_3(PO_4)_2$	1,00 gr
$Fe_2(SO_4)_3$	0,20 gr
$KHCO_3$	0,50 gr

alkalisch

Zusammensetzung des Orchidals:

NH_3	3,5 %
Gesamt N	6,5 %
K_2O	4,5 %
P_2O_5	3,0 %
wasserlösl. Kohle	82,5 %

Zusammensetzung der B. N. L.:

KNO_3	— 1,0 gr
$(NH_4)NO_3$	— 1,0 gr
KH_2PO_4	— 1,0 gr
$FeSO_4$	— 0,2 gr
$MnSO_4$	— 0,02 gr
$CaCl_2$	— 0,5 gr
$MgCl_2$	— 0,5 gr

auf 4 Ltr. H_2O

und nach Knudson:

$Ca(NO_3)_2$	— 1 gr
K_2HPO_4	— 0,25 gr
$MgSo_4 7 H_2O$	— 0,3 gr
$Fe_2(PO_4)_3$	— 0,05 gr
$(NH_4)_2SO_4$	— 0,5 gr

auf 1 Ltr. H_2O

Andere Nährlösungen siehe Literatur.

Verwandt wurden nur Purissimumsalze, meist Merck pro analysi. Das destillierte Wasser stammte aus dem Versuchslaboratorium der I. G. Farbenindustrie Leverkusen resp. dem Chemisch-Pharmazeutischen Institut in Würzburg.

Die Versuche wurden ausgeführt von August 1932 bis Januar 1934 auf einer Seitenstellage im Warmhaus des Botanischen Gartens Würzburg sowie jeweils Juni bis November 1934 und 1935 in einem Versuchshaus der Gärtnerei C. Wolf, Langenfeld/Rhld., welches eine warme und eine temperierte Abteilung aufwies. Die einzelnen Versuche wurden in einer, den jeweiligen Versuchspflanzen entsprechenden Umgebung gemacht. So wurden z. B. Phalaenopsis stark, Cryptantus nicht schattiert, die Orchideen wurden leicht mit destilliertem Wasser überstäubt, die Bromeliaceen nicht oder weniger. Diese Maßnahme erwies sich als außerordentlich notwendig, da sonst starker Schädlingsbefall von Thrips, Schild- und Schmierlaus sowie roter Spinne sich einstellte.

Näheres zu der Methodik siehe bei den einzelnen Versuchen.

Bei dem Versuch, diese Pflanzen auf Nährlösung zu kultivieren, stellte sich oft ein Absterben der Wurzeln ein. Es wurde beobachtet, daß einmal die Wurzelspitze das Wachstum einstellte und dann die ganze Wurzel abstarb, dann aber auch, daß an der Stelle, an der die Wurzel in die Lösung tauchte, also an der Wasseroberfläche, ein meist langsames Schwarzwerden und schließliches Absterben eintrat. Bei diesem Absterben an der Wasseroberfläche fand ich, daß der untere Teil der Wurzel oft noch gesund und frisch erschien, während der Teil an der Wasseroberfläche bereits tot war; lediglich der längsverstärkte Zentralstrang besorgte die Stoffwanderung. Bei dieser Art des Wurzeltodes schienen mir folgende Gründe mit-

zusprechen. Die Nährlösung saugt sich an der meist porösen Oberfläche oder bei Orchideen am Velamen in die Höhe und konzentriert sich über der Wasseroberfläche. Dies kann natürlich nur stattfinden, wenn Gelegenheit vorhanden ist, daß Wasser verdunstet d. h. bei Kulturgefäßen, die nicht gut schließen, oder wenn es aus technischen Gründen unmöglich ist, einen Verschluß anzubringen. Bei unsauberen Kulturen, Vorkulturen auf nicht abgekochtem Regenwasser, ist es meist so, daß die Wurzelstelle an der Wasseroberfläche den hier auftretenden Bacterien und Pilzen zum Opfer fallen. „Eine im Wasser stehende Holzstütze fault stets an der Wasseroberfläche, niemals da, wo sie tiefer im Wasser steht." Bei derartigen verunreinigten Kulturen konnten oft Mycel und Fruchtkörper von Saprolegnia und anderen Pilzen festgestellt werden. Da bei sorgfältiger Kultur diese Form des Wurzelabsterbens sehr selten wird, schenkte ich ihr im weiteren Verlauf meiner Arbeit keine Bedeutung mehr. Die andere Form des Wurzeltodes, das Absterben von der Wurzelspitze her, könnte folgende 4 Ursachen haben: 1. Sauerstoffmangel. 2. Vorhandensein eines Salzes oder Ions, das auf die Wurzel giftig wirkt. 3. Eine der Pflanze schädliche Konzentration der Nährsalze. 4. Eine der Pflanze nicht zuträgliche H-Ionenkonzentration. Es liegt nahe bei so ausgesprochenen Epiphyten wie Vanille planifolia an Sauerstoffmangel zu denken. Tatsache ist, daß Wurzeln von Vanille planif. in einer mit Nährlösung gefüllten Glasröhre von einer lichten Weite von 30 mm bis auf den Boden dieser 300 mm langen Röhre wachsen konnten, bei einmaliger Erneuerung der Nährlösung in 6 Wochen. Verwandt wurde hierzu die Knudsonsche Orchideenlösung mit einem Zuschlag von 5 gr Tricalciumphosphat pro Ltr., die auf die Hälfte verdünnt war. Da dieser Versuch mit gleicher Methodik und gleichem Erfolg an Cattleya callistoglossa, Arachnis, Anthurium andreanum und scherzerianum, Rhipsalis, Lindmannia penduliflora und Nidularium pictum gemacht wurde, halte ich die Annahme des Wurzeltodes durch Sauerstoffmangel für widerlegt. Der Grund Nr. 2, die Todesursache in stark giftig wirkenden Salzen oder Ionen zu sehen, schied aus, nachdem ich fand, daß die hierfür in Frage kommenden Fe **, Fe *** und Mg ** in höheren Konzentrationen ertragen werden kann, als diese in den von mir benutzten Nährlösungen zur Anwendung kamen. Die näheren Versuche hierzu werden an anderer Stelle Seite 29 u. f. genannt werden. Tatsächliche Ursache für das Absterben der Wurzelspitzen können also nur sein: übergroße Konzentration der Salze oder ein nicht zusagendes PH. Wenden wir uns zunächst den Untersuchungen über den optimalen PH-Wert und die noch erträgliche H-Ionen-Konzentration zu.

Bei den folgenden Versuchen wurde, jeweils verschieden, die Methodok angewandt, die für das gegebene Objekt und die Frage-

stellung am geeignetsten erschien. Die Keimungsversuche wurden asymbiotisch in Jenaer Reagenzröhrchen angestellt, wie sie in der Praxis des Orchideenzüchters heute üblich ist, und wie sie in Burgeff: „Samenkeimung der Orchideen" ausführlich beschrieben ist.

Die Kulturversuche mit Nährlösung, kurz Wasserkultur genannt, ist heute so gebräuchlich und in jedem Lehrbuch so eingehend dargestellt, daß eine Beschreibung der dabei vorgenommenen Einzelhandlungen sich erübrigt. Eine leicht abgewandelte Form der Wasserkultur wurde von mir häufig angewandt, da sie sich besonders eignet zur Untersuchung von Pflanzen, an denen nur die frei herunter hängenden Luftwurzeln einem Versuch zugänglich sind, und bei Sämlingen mit verhältnismäßig kleinem Wurzelvolumen.

Beschreibung der Methodik für kleinere Sämlinge: Je eine Wurzel einer vorher auf filtriertem Regenwasser gezogenen Pflanze wurde mit der Spitze 5 cm tief in ein Reagenzglas getaucht, das mit der entsprechenden Lösung gefüllt war. Für ganz kleine Sämlinge benutze ich eine flache Sperrholzkiste, deren Deckel so durchbohrt war, daß ich die Reagenzgläser hineinhängen konnte, ohne daß dieselben durchfielen. Die Pflänzchen wurden auf den Deckel der Kiste gelegt, so daß je eine Wurzel in ein Röhrchen tauchte. Durch öfteres Überstäuben mit Aqua dest. hielt ich die Pflanzen frisch. Handelte es sich um größere Pflanzen, deren Luftwurzeln sich bei dieser Methodik gut verwenden ließen, so wurde das Röhrchen einfach mit einem Gummiring an die Wurzel angehängt. Ein aufgeklebter Papierring verhinderte, daß Flüssigkeit an der Wurzel herablaufend, in das Röhrchen gelangen konnte. Eine Verdunklung des Röhrcheninhalts wurde durch Umhüllen mit schwarzem Papier oder durch schwarzen Lack erzielt.

Innerhalb eines Versuches wurden nur gleichdicke und annähernd gleichlange Wurzeln benutzt. Es ist natürlich, daß bei Wurzeln von verschiedenen Pflanzen z. B. von Cattleyen und Cryptantus die Relation zwischen Wurzel und Medium verschieden ist, eine Unannehmlichkeit, die nicht zu vermeiden war.

Untersuchungen über das noch erträgliche PH und über optimale H-ionen-Konzentration.

Wir wissen aus gärtnerischer Erfahrung, daß die Epiphyten unter den Orchidaceen, Araceen, Bromeliaceen und Cactaceen am besten in einem Material von Polypodium- oder Osmundawurzeln und Sphagnum gedeihen. Zwar lassen sich Anthurien und epiphytische Bromeliaceen auch mit Erfolg in Lauberde, Torf und Sand ohne Kalkzusatz kultivieren, eine Erdmischung von einem ungefähren PH von 5,5 bis 6,5, doch gestalten sich diese Kulturen noch

erfolgreicher in dem bekannten Orchideenkompost. Polypodiumaufkochungen zeigen meist ein PH von 4,5 bis 5,5 resp. ein kalter Aufguß von Polypodium zeigt manchmal ein etwas höheres PH. Das aus frisch gelesenen Sphagnum (Standort bei Langenfeld) ausgedrückte Wasser hat ein PH von 5,0. Diese Tatsache zeigt uns schon, daß wahrscheinlich das optimale PH im sauren Bereiche liegen wird. Wenden wir uns der PH-Frage bei den Orchideen zu, so weist auch das PH des Nährbodens, auf dem man heute Orchideen keimen zu lassen pflegt auf ein Optium im sauren Teil der PH-Skala hin. Zur Frage des optimalen Keimungs-PH machte ich folgenden Versuch: 50 Jenaer Reagenzgläser wurden nach der üblichen Methode mit Cattleya hybr.-Samen besät und zwar waren je 10 Röhrchen durch Titration von verdünnter Phosphorsäure resp. verdünnter Kalilauge auf ein PH von 3,0, 4,0, 6,0 und 7,0 eingestellt worden. Für die Röhrchen mit PH 3,0 nahm ich statt 1,5 2,0 % Agar. Als Nährlösung kam die Knudsonsche Orchideenlösung zur Verwendung. Die PH-Werte wurden nach der Tüpfelmethode gemessen. Nach 12 Wochen war das Keimungsergebnis folgendes:

Bei der PH-Stufe 3,0 beobachtete ich, daß die zwar grünen Knöllchen vielfach eine schwarze Spitze bekamen, d. h. das erste sich herausschiebende Blatt starb ab. Die Bildung von Wurzelhaaren, die sonst diesem Stadium eigen ist, konnte nicht beobachtet werden. Die Keimung auf 4,0 und 5,0 war sehr gut, bei 6,0 zeigten einige Röhrchen etwas gelbliche Knöllchen bei 7,0 waren zwar auch noch ein Teil der Samen gekeimt, doch hatten die Knöllchen eine fahle, gelbliche Färbung und reichliche Ausbildung von Wurzelhaaren. Das optimale Keimungs-PH scheint also zwischen 4,0 und 5,0 zu liegen. In der gleichen Weise wurden Samen von Oncidium Rogersi, Odontoglossum grande und Cymbidium Ceres x Yellow Hamar gesät. Oncidium und Odontoglossum zeigten sich auf der Stufe von PH 3,0 etwas besser als Cattleyen, während Cymbidium auch bei PH 6,0 ein recht gutes Wachstum zeigte. Ergebnis:

Keimungs-PH für:

Cattleya	PH 4,0 — 5,5
Oncidium	PH 3,5 — 5,0
Odontoglossum	PH 3,5 — 5,0
Cymbidium	PH 4,0 — 6,0

Mit einer weiteren Verfolgung dieser Methodik wurde Abstand genommen, da das Keimungs-PH zwar die allgemeine Richtung in der Suche nach dem optimalen PH während des Wachstums anzugeben vermag, aber doch nicht Maßstab sein kann für die Bedürfnisse größerer Pflanzen. Deshalb machte ich zunächst einige Vorversuche, die mich in großer Linie über die Bedürfnisse der Epiphyten orientieren sollten.

20 Gefäße wurden mit Nährlösung nach v. d. Krone und ebensoviel mit Knopscher Nährlösung gefüllt. Beide Nährlösungen wurden 1 zu 1 mit destilliertem Wasser verdünnt. Bestellt wurden diese Töpfe mit je 5 Pflanzen von Cymbidium lowianum, Cypripedium insigne, Doritis taenialis, Coelogyne swaniana und fimbriata, Bulbophyllum odoratissimum und Oncidium Rogersi. Zwar gingen im Laufe von 3 Monaten, währenddessen die Nährlösung zweimal gewechselt worden war, einige Pflanzen von Coelogyne und Bulbophyllum zurück, einige Pflanzen von Doritis taenialis gingen ein, was sich dadurch erklärte, daß bei dem sperrigen Bau der Pflanzen die meisten Wurzeln entweder nicht in das Gefäß gelangten oder sonstwie gestört wurden. Doch zeigte dieser Versuch, daß bis auf etwa 60 % der Cymbidienwurzeln und 100 % der Cypripedienwurzeln fast alle Wurzeln anderer Pflanzen auf v. d. Krone-Nährlösung eingingen. Da sowohl Cymbidium als auch Cypripedium zu den terrestrischen Orchideen zu rechnen ist, sollen diese Ergebnisse hier weiterhin unbeachtet bleiben. Auf der Nährlösung nach Knop zeigten sämtliche Wurzeln ein gutes Aussehen. Bemerkenswert war die starke Versauerung der Knopschen Nährlösung, die sich besonders da zeigte, wo die Wurzelmasse größer war. Das PH sank in manchen Töpfen auf PH 3,2. Hier zeigte sich, daß die Pufferung der Knopschen Nährlösung sehr gering ist. Die Pufferung der Nährlösung nach v. d. Krone ist zwar sehr groß, aber da ihr PH im alkalischen Bereich liegt, was sich den Pflanzen als sehr wenig zuträglich gezeigt hatte, ist diese Nährlösung nicht zu gebrauchen. In Vergleichsversuchen stellte ich fest, daß die Nährlösung nach Knudson zwar besser gepuffert war, aber Versuche, das PH mit Hilfe von Phosphorsäure und Kalilauge zu regulieren, scheiterten. So versuchte ich einmal, die B. N. L., die Knopsche, die Knudsonsche und die Nährlösung nach v. d. Krone durch Säure resp. Laugezugabe auf die 4 PH-Stufen 4,0, 6,0, 7,0 und 8,0 einzustellen und mit diesen Lösungen und einer Bromeliacee einen Versuch zu wagen. Das Ergebnis war ein fürchterliches Durcheinander von verschiedenen PH-Werten, die ich, um sie auf der gewünschten Höhe zu halten, fast alle 3 Tage neu titrieren mußte. Die Frischgewichtsbestimmungen ergaben ein ebensolches Durcheinander an Werten. Da diese Methode zu keinen einwandfreien Resultaten führen konnte, versuchte ich es mit den 4 Nährlösungen nach Zinzadze, sauer, schwachsauer, neutral und alkalisch. Diese 4 Nährlösungen sind eigens kombiniert, um bei verschiedenen PH annähernd gleiche Ionenverhältnisse in Lösung zu halten und sind gleichzeitig gegen ein Absinken des PH gepuffert. Ich fand zwar, daß das PH nach dem Ansetzen der sauren und schwachsauren etwa 5,0 und 6,5 (also etwa um 1 PH zu alkalisch waren), während sie nach etwa 8 Tagen auf 4,0 resp. 5,5 fielen, welches PH sich nun auch in der Folgezeit nicht mehr änderte.

Da eine nicht zusagende Nährlösung sich stets zuerst in dem Absterben der Wurzelspitze zeigt und es wichtig war zu erfahren, bis zu welchem Säuregrade die Lebensfähigkeit der Wurzeln sich erstreckte, machte ich zunächst einige Versuche mit Reagenzgläsern, deren Methodik eingangs, Seite 7 beschrieben worden ist.

Ich benutzte reine Lösungen von Schwefelsäure und Salzsäure aus Dr. Haenis Fixanalröhrchen, von denen ich Lösungen von PH 2,0, 3,0, 4,0 6,0 durch Verdünnen herstellte. Je 10 Wurzeln kamen in je 10 Röhrchen von gleichem PH, sodaß ich bei jedem Versuch 50 annähernd gleichwertige Wurzeln einer Pflanze benötigte. Versuchsdauer war 14 Tage, in Zweifelsfällen 21 Tage, bei dickeren Wurzeln wurde die Lösung jeden zweiten Tag, bei dünneren Wurzeln jeden dritten oder vierten Tag erneuert.

Zusammenstellung der Ergebnisse siehe Tabelle 2.

Zur Erläuterung der Tabelle diene als Beispiel das Ergebnis bei Lindmannia penduliflora, Tabl. 1.

Tabelle 1.

PH 2,0		PH 3,0		PH 4,0		PH 5,0		PH 6,0	
X	O	X	O	X	O	X	O	X	O
100	0	50	50	0	100	0	100	0	100

Lindemannia penduliflora X = % der abgest. Wurzeln
O = % der unversehrten Wurzeln.

An obigem Beispiel sehen wir, daß bei PH 2,0 sämtliche Wurzeln abgestorben sind. 100 (X) und 0 (O). Die Zahlen sind immer in Prozent aller zum Versuch benutzten Wurzeln angegeben. Bei PH 3,0 sind die Hälfte aller Wurzeln, 50 %, abgestorben und 50% unversehrt geblieben. Nehmen wir an, daß dieses Ergebnis etwas für Lindemannia Charakteristisches zeigt, so definiere ich:

Diejenige H-ionen-Konzentration, bei der noch 50% aller verwandten Wurzeln lebend bleiben, bezeichne ich mit Maximalsäuregrad oder Ms.

Diese Definition soll nicht biologisch gesehen und absolut genommen werden etwa in dem Sinne, daß nun PH 3,0 das unterste PH darstellt, bei dem Lindmanniawurzeln zu leben vermögen, sondern soll nur ein für jede Pflanze charakteristisches Zeichen sein, das ich bei meiner Art der Versuchsanstellung leicht auffinden kann, und das mir einen Maßstab in die Hand geben soll zur vergleichenden Betrachtung der Epiphyten untereinander.

Die Zusammenfassung der Ergebnisse einer Schwefelsäurereihe findet sich in Tabelle 2.

Tabelle 2.

	PH 2,0		PH 3,0		PH 4,0		PH 5,0		PH 6,0	
	X	O	X	O	X	O	X	O	X	O
Oncidium alt.	100	0	100	0	50	50	0	100	0	100
Phalaenopsis hybr.	100	0	100	0	40	60	0	100	0	100
Vanda tricolor	100	0	100	0	40	60	0	100	0	100
Cryptanthus ac. ruber	100	0	50	50	0	100	0	100	0	100
Lindmannia penduliflora	100	0	50	50	0	100	0	100	0	100
Vriesea splend.	100	0	100	0	30	70	0	100	0	100
Aechmea fasc.	100	0	80	20	0	100	0	100	0	100
Anthurium scherz.	100	0	100	0	30	70	0	100	0	100
Rhipsalis spec.	100	0	100	0	0	100	0	100	0	100

Hieraus ergeben sich die Ms nach Größe geordnet in Tab. 3.

Tabelle 3.

Cryptanthus ac. ruber	3,0	Anthrium	3,8
Lindmannia	3,0	Vanda	3,9
Aechmea	3,3	Phalaenopsis	3,9
Rhipsalis	3,5	Oncidium	4,0
Vriesea	3,8		

Wenn auch die Unterschiede der Ms nicht übermäßig sind, so läßt sich doch erkennen, daß die 3 Orchideen, obwohl sie das saure Material vorziehen, nicht mehr als etwa PH 4,0 an reiner Schwefelsäure vertragen können, wohingegen die beiden Anthurium und Rhipsalis, erst recht aber Bromeliaceen und dort an der Spitze Cryptanthus nahezu PH 3,0 ertragen.

Es folgt eine Versuchsreihe mit genau gleicher Methodik, nur nahm ich statt Schwefelsäure Salzsäure.

Die Ergebnisse dieses Versuches sind in Tabelle 4 zusammengestellt.

Tabelle 4.

	Ms.		Ms.
Lindmannia penduliflora	3,0	Anthurium scherprianum	3,8
Kryptanthus acaulis ruber	3,0	Rhipsalis spec.	3,8
Aechmea fasciata	3,4	Vanda tricolor	4,0
Vriesea splendens	3,8	Oncidium Ropersi	4,5

Ergebnis:

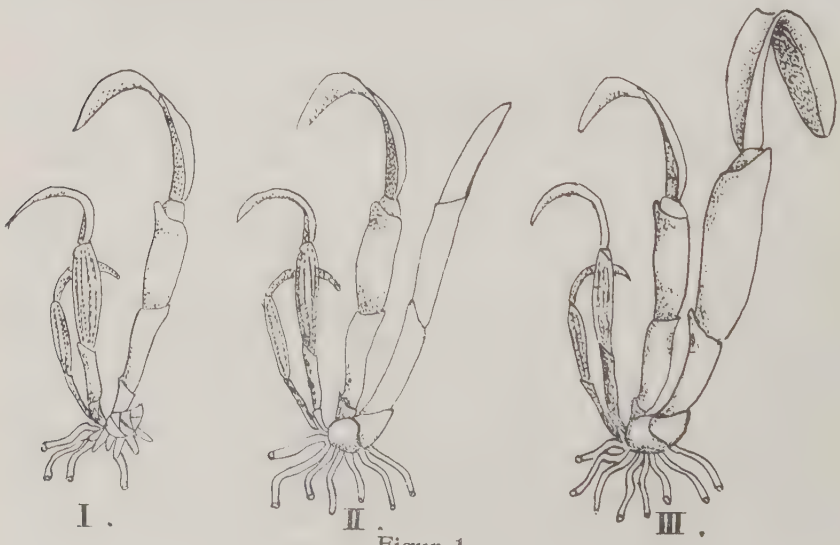
Auch hier wieder vertragen Orchideen auf reiner Salzsäure weniger als Anthurien, und am besten widerstehen die Bromeliaceen, und unter diesen wieder zeigen sich die als typischste Epiphyten bekannten-Cryptanten als am widerstandsfähigsten.

Versuche mit reiner Säure können nicht zur Beurteilung des PH-Optimums dienen. Der Maximalsäuregrad bietet nur eine sehr gute Handhabe zur vergleichenden Betrachtung der Pflanzen untereinander. Wirklichen absoluten Wert haben nur Kulturversuche mit vollständiger Nährlösung, denen wir uns jetzt zuwenden wollen. Versuchsgefäße waren 0,5 Ltr.-Einmachgläser, als Nährlösungen kamen die 4 Zinzadze-Lösungen sauer, schwachsauer, neutral und alkalisch zur Verwendung. Versuchspflanze war Cattleya hybr. Aus einem großen Satz von einigen 100 vierjährigen Cattleyensämlingen wurde folgendermaßen ausgesucht. Ein Teil der Pflanzen zeigte einen etwas bräunlichen Anflug, ein Merkmal eines Elters. Diese Pflanzen wurden ausgeschieden. Dann wurden Pflanzen von gleichem vegetativen Zustand herausgelesen. Es kamen nur Planzen zur Verwendung, die im Beginn ihrer Triebzeit waren, d. h. Pflanzen, die möglichst gleichmäßig den Beginn neuer Bewurzelung und eines neuen Triebes zeigten. Figur 1. Nr. I stellt den etwas idealisierten Typ, wie er benötigt wurde, dar. Sodann wurden hieraus wieder die Pflanzen mit möglichst gleichem Gewicht gewählt.

Zur Erläuterung der Figur 1 sei noch folgendes gesagt:

Stadium I: Beginn des vegetativen Wachstums
Stadium II: Heranwachsen des jungen Triebes
Stadium III: Ausreifen des Triebes.

z. B. für Cattleya Trianae findet man Stadium I von Dezember bis Januar, Stadium II Februar bis August, Stadium III August bis Dezember. Sämlinge halten sich nicht ganz so streng an diese Termine. Der Versuch dauerte 6 Monate.



Figur 1.

Die Ergebnisse dieses Versuches sind in Tabelle 5 zusammengefaßt und zwar bedeuten:

g a = Anfangsgewicht in gramm;
g e = Endgewicht in gramm;
g z % = Frischgewichtszunahme; in % des Ausgangsgewichtes.

Der Versuch wurde angesetzt am 1. 7. 35 und beendet am 20. November 1935.

Tabelle 5.

ga	ge	gz%	ga	ge	gz%	ga	ge	gz%	ga	ge	gz%
14	20	43	15	23	53	19	18	—5	13	12	—7
12	16	33	13	21	61	14	12	—14	11	13	18
11	16	45	14	18	28	13	11	—15	12	16	33
13	20	53	11	20	81	12	14	16	18	15	—16
11	21	91	13	17	30	20	20	0	15	16	6
8	14	75	10	15	50	17	19	12	20	15	—25
10	16	60	19	26	36	15	18	20	16	14	—12
11	15	36	13	16	23	9	9	0	17	19	+11
Summe 436			Summe 362			Summe +14			Summe —14		
durchschnittliche Frischgewichtszunahme in %											
54 %			45 %			+1,7 %			—1,7 %		
sauer			schwachsauer			neutral			alkalisch		

Die Nährlösung wurde am 15. August und 1. Oktober erneuert. Die PH-Messungen am 1. Juli, 10. Juli und 15. August ergaben folgende Zusammenstellungen:

Tabelle 6.

1. 7.	10. 7.	15. 8.	1. 7.	10. 7.	15. 8.	1. 7.	10. 7.	15. 8.	1. 7.	10. 7.	15. 8.
5,5	4,0	4,0	6,5	5,0	5,0	8,0	7,0	7,0	8,5	8,0	8,0
6,0	4,0	4,0	7,0	5,5	5,5	7,5	7,5	7,5	8,0	8,0	8,0
5,0	4,5	4,0	7,0	5,0	5,0	8,0	7,0	7,0	8,5	8,0	8,0
5,5	4,0	4,0	6,5	5,5	5,5	8,0	7,5	7,0	8,5	8,5	8,5
5,5	4,0	4,0	6,5	5,5	5,5	8,0	7,0	7,0	8,5	8,5	9,0
5,5	4,5	4,0	6,5	5,5	5,5	8,0	7,0	7,0	8,5	8,5	8,5
5,5	4,5	4,0	6,5	5,5	5,5	8,0	7,0	7,0	8,5	8,5	9,0
5,5	4,5	4,0	6,5	5,5	5,5	8,0	7,0	7,0	8,5	8,5	8,5

Die PH-Messungen ergaben, daß die Nährlösungen ausnahmslos zu Anfang ein zu hohes PH aufwiesen, das sich jedoch bald auf das richtige Maß einstellte, um im Laufe des weiteren Versuches bis zur Erneuerung der Nährlösung konstant zu bleiben. Das Ergebnis der Frischgewichtsbestimmungen ergab, daß auf PH 3,5 bis 4.0 und auf PH 5,0 — 5,5 ein annähernd gleich gutes Wachstum sich zeigte, vielleicht mit einem kleinen Hinneigen zum sauren Teil.

Eindeutig jedoch ist das vollständige Versagen der neutralen und der alkalischen Nährlösung.

Mit gleicher Methodik führte ich denselben Versuch an Phalaenopsis hybr. durch; es kamen etwa 1½ jährige Sämlinge zur Verwendung.

Die Ergebnisse dieses Versuches, in gleicher Weise gewonnen, wie in dem vorhergehenden Versuch und Tabelle 5 zeigen folgendes Endergebnis als durchschnittliche Frischgewichtszunahme auf den 4 Nährlösungen. Siehe Tabelle 7.

Tabelle 7.

22 %	23 %	— 1,8 %	— 6,8 %
sauer	schwachsauer	neutral	alkalisch.

Die Nährlösung wurde am 15. August und 1. Oktober erneuert. Die PH-Messungen am 10. 7. und 15. 8. ergibt ein ähnliches Bild wie Tabelle 6.

Der Einfachheit halber sind hier nur Durchschnittswerte von je 8 Töpfen angegeben.

Tabelle 8.

sauer		schwach sauer		neutral		alkalisch	
14. 7.	15. 8.	14. 7.	15. 8.	14. 7.	15. 8.	14. 7.	15. 8.
4,2	3,9	5,6	5,4	7,3	7,5	8,5	8,5

Ergebnis:

Auffallend ist auch hier wieder, daß das Wachstumsoptimum fast über den ganzen sauren Bereich von 3,0—6,0 reicht, während schon bei alkalischer sogar schon bei neutraler Nährlösung das Wachstum gänzlich eingestellt wird. Die PH-Tabelle 8 zeigte eine beachtliche Konstanz. Dem leichten Optimum auf schwachsaurer Nährlösung um 1 % messe ich in Anbetracht der stark schwankenden Werte keine Bedeutung bei.

Mit gleicher Methodik untersuchte ich die Frage nach dem PH-Optimum an Anthurium scherzerianum. Ich verwandte einjährige Sämlinge, die vorher 1 Monat lang auf filtriertem Regenwasser vorkultiviert worden waren.

Das Ergebnis dieses Versuches, in gleicher Weise gewonnen, wie in den vorhergehenden Versuchen zeigen folgendes Endergebnis als durchschnittliche Frischgewichtszunahme auf den 4 Nährlösungen. Tabelle 9 (Vergleiche auch Tabelle 5).

Tabelle 9.

187 %	153 %	83 %	32 %
sauer	schwach sauer	neutral	alkalisch

Die Nährlösung wurde am 15. August und 1. Oktober erneuert, die PH-Messungen am 10. Juli und 15. August ergaben folgende Durchschnittswerte von je 8 Töpfen. Tab. 10.

Tabelle 10.

sauer		schwach sauer		neutral		alkalisch	
10. 7.	15. 8.	10. 7.	15. 8.	10. 7.	15. 8.	10. 7.	15. 8.
4,5	3,8	6,1	5,9	7,6	6,9	8,6	8,9

Der Versuch zeigt klar, daß das Wachstumsoptimum im Bereich des sauren und zwar stark sauren PH 3,5 — 4,5 liegt, daß aber, und das ist vor allem im Hinblick auf die Orchideen und die nachfolgenden Bromeliaceen wichtig, diese Aracee sehr wohl im alkalischen Bereich zu gedeihen vermag. Die PH-Tabelle zeigt dieselbe Konstanz wie in den vorhergehenden Versuchen.

Mit gleicher Methodik wie in den vorher beschriebenen Versuchen untersuchte ich nun Vriesea splendens. Ich benutzte 2 jährige Sämlinge von ca. 8 cm Höhe, die vorher 1 Monat lang auf filtriertem Regenwasser vorkultiviert worden waren.

Das Ergebnis dieses Versuches, die Frischgewichtszunahme ist auch hier wieder nur in Durchschnittswerten angegeben. (Siehe Tabelle 5). Tab. 11.

Tabelle 11.

330 %	262 %	217 %	177 %
sauer	schwach sauer	neutral	alkalisch

Die PH-Messungen am 10. Juli, 15. August ergaben folgende Durchschnittswerte von je 8 Töpfen. Tab. 12.

Tabelle 12.

sauer		schwach sauer		neutral		alkalisch	
10. 7.	15. 8.	10. 7.	15. 8.	10. 7.	15. 8.	10. 7.	15. 8.
4,7	4,0	6,5	5,9	8,1	8,0	8,5	9,0

Ergebnis:

Die Frischgewichtszunahme zeigt ihr Optimum im stark sauren Bereich bei PH 4,0, aber ebenso beachtlich ist die Fähigkeit sogar noch bei einem PH von 8,0 — 9,0 177% Frischgewichtszunahme zu zeigen. Während Cattleya, Phalaenopsis und Anthurien auf der alkalischen Nährlösung ein mehr oder weniger starkes Gelbwerden zeigte, war bei Vriesea splendens auch bei höchster PH-Stufe keine äußere Veränderung wahrzunehmen. Einzig die Bewurzelung war dürftiger und zeigte nicht mehr den Besatz mit Wurzelhaaren, wie dies sonst normal ist.

Bei gleicher Methodik wie vorher beschrieben benutzte ich nun Cryptanthus zonatus als Versuchsobjekt. Die Zusammenfassung der Ergebnisse ist die Gleiche wie in den vorauf geschilderten Versuchen. Tab. 13.

Tabelle 13.

125 %	127 %	77 %	28 %
sauer	schwachsauer	neutral	alkalisch

Die PH-Messungen am 10. Juli und 15. August ergaben folgende Durchschnittswerte. Tab. 14.

Tabelle 14.

sauer		schwachsauer		neutral		alkalisch	
10. 7.	15. 8.	10. 7.	15. 8.	10. 7.	15. 8.	10. 7.	15. 8.
4,8	3,9	6,8	5,7	8,1	7,6	8,6	9,0

Ergebnis:

Auch hier wieder liegt das Optimum im sauren Gebiet und Cryptanthus zeigt ähnlich wie die anderen Epiphyten bis auf die Orchideen die Fähigkeit, auf alkalischer Nährlösung zu wachsen. Dem Optimum auf schwachsaurer Nährlösung messe ich in Anbetracht seiner geringen Größe keine Bedeutung bei. Ich möchte sagen, daß saure wie schwachsaure Nährlösung gleich gut ist.

Ebenfalls mit den 4 Nährlösungen nach Zinzadze führte ich einen Versuch an Aechmea fascinata (Bilbergia rhodocyanea) aus. Jedoch verwandte ich hierzu gut lasierte Einlitertonkrüge; außerdem nahm ich auf jedes Gefäß 3 Pflanzen, um die starken Schwankungen in den Parallelreihen etwas zu vermindern, eine Maßnahme, die allerdings keinen Erfolg zeitigte. Ich muß das starke Streuen der Ergebnisse auf die genetische Ungleichheit des Materials zurückführen. (Siehe Seite 4 und 5).

Die Methodik der Versuchsanstellung sowie die Bezeichnung an der Tabelle sind die gleichen wie bei dem eingangs geschilderten Versuch mit Cattleya. Als Endwerte sind nur die Durchschnittswerte angegeben. Tab. 15.

Tabelle 15.

85 %	71 %	65 %	10 %
sauer	schwachsauer	neutral	alkalisch

Die Ergebnisse der PH-Messungen, die vor dem ersten Erneuern der Nährlösungen gemacht worden sind, und zwar am 1. 9. und am 1. 10. 1934, sind in der folgenden PH-Tabelle 16 zusammengestellt als Durchschnittswerte von je 8 Töpfen.

Tabelle 16.

sauer		schwachsauer		neutral		alkalisch	
1. 9.	1. 10.	1. 9.	1. 10.	1. 9.	1. 10.	1. 9.	1. 10.
4,9	4,0	6,5	5,5	7,4	7,7	8,2	9,0

Ergebnis:

Auch hier wieder liegt das Optimum im sauren Gebiet und ebenfalls wieder deutlich ausgeprägt ist die Fähigkeit, selbst im stark alkalischen Gebiet leben zu können.

Zum Schluß noch ein Versuch mit Rhipsalis spec., bei gleicher Methodik wie in den vorhergehenden Versuchen; jedoch benutzte ich für jede PH-Stufe 20 Pflanzen, die ich auf je 5 Töpfe verteilte. Es wurde nicht das Gewicht der einzelnen Pflanzen, sondern immer das Gesamtgewicht aller auf dieser Stufe stehenden Pflanzen benutzt. Zeichenerklärung wie Tabelle 5.

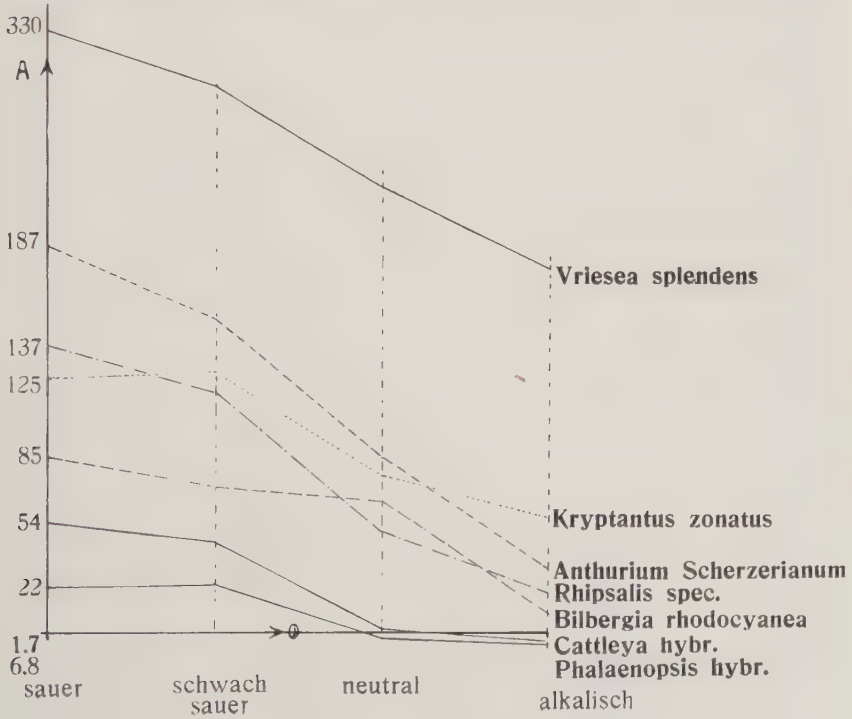
Tabelle 17.

ga	ge	gz %	ga	ge	gz %	ga	ge	gz %	ga	ge	gz %
88,5	210	137	92	198	116	85	128	50,6	82	107	20,7
	137 %			116 %			50,6 %			20,7 %	
	sauer			schwachsauer			neutral			alkalisch	

Ergebnis:

Das Optimum liegt im stark sauren Bereich und Rhipsalis hat die Fähigkeit, auch auf alkilischem Gebiet zu gedeihen.

Die Zusammenfassung aller Zahlenergebnisse sowie deren graphische Darstellung der Kulturversuche auf Zinzadze-Nährlösungen findet sich in Fig. 2 sowie Tabelle 18.



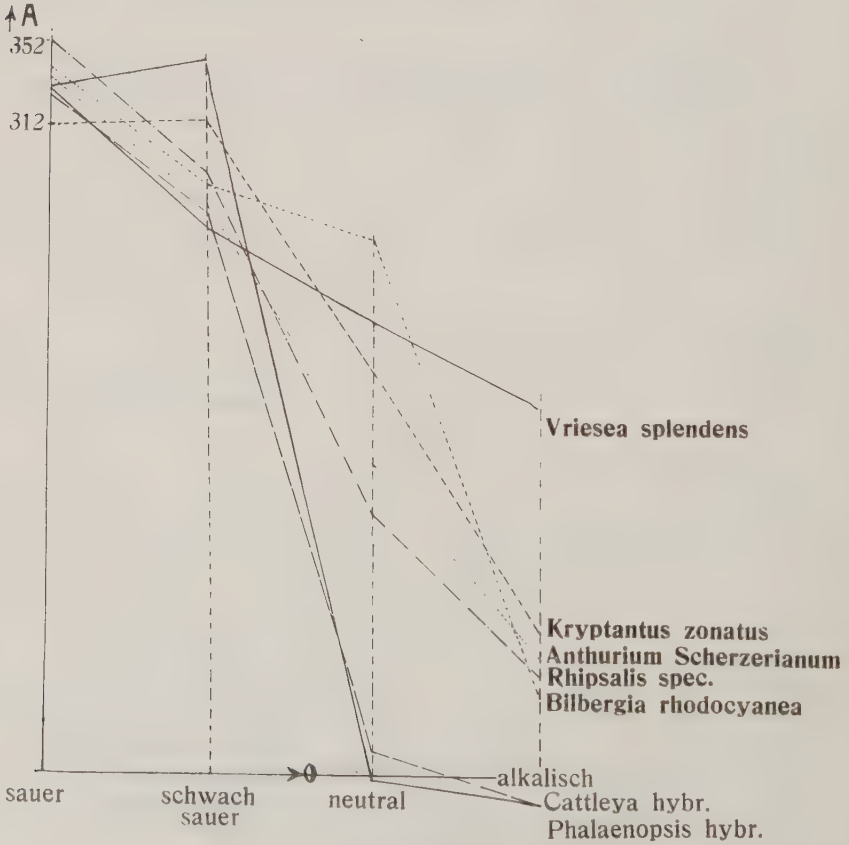
Figur 2,

Tabelle 18.

Frischgewichtszunahme in % des Ausgangsgewichtes:

	sauer	schwachsauer	neutral	alkalisch
Rhipsalis spec.	137	116	50	20
Cryptantus zonatus	125	127	77	28
Bilbergia rhodocyanae	85	71	65	10
Vriesea splendens	330	262	217	177
Anthurium scherz.	187	153	83	32
Phalaenopsis hybr.	22	23	—1,8	—6,8
Cattleya hybr.	54	45	+1,7	—1,7

Transponiert man die Ergebnisse so, daß die Optima in gleiche Höhe kommen, so erhält man die bedeutend aufschlußreichere graphische Darstellung. Fig. 3. Ich erhielt diese Werte, indem ich alle 4 Zahlen für je eine Pflanze mit einem bestimmten Faktor multiplizierte. Diese Korrektur zeigt Tabelle 19.



Figur 3.

Tabelle 19.

	X F.	sauer	schwachsauer	neutral	alkalisch
Rhipsalis spec.	2,5	352	290	125	50
Bilbergia rhodoc.	4,0	340	284	260	40
Cryptanthus zonatus	2,5	312	317	192	70
Vriesea splend.	0,0	330	262	217	177
Anthurium scherz.	1,8	336	275	151	57
Phalaenopsis hybr.	15,0	330	345	—2,7	—10
Cattleya hybr.	6,0	324	270	+10	—10

Bei der Beobachtung der auf den 4 PH-Stufen stehenden Pflanzen zeigten sich rein praktisch gesehen einige wichtige Erscheinungen. Phalaenopsis und Cattleya zeigten bereits nach 14 Tagen durch Gelbwerden resp. durch Abstoßen von Blättern auf alkalischer Nährlösung ihr Unbehagen. Das Gelbwerden zeigte sich auch bei Rhipsalis und bei Anthurium.

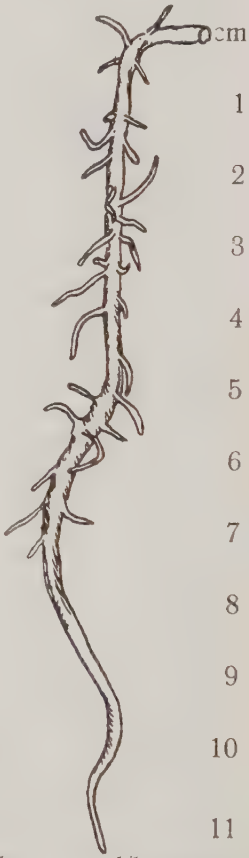
Eine Eigentümlichkeit, die sich überall zeigte, wo Anthurium und Bilbergia versuchten, sich dem hohen Alkaligehalt anzupassen, war, daß die Wuchsform gedrungener und härter wurde. Bei Bilbergia z. B. zeigten sich die jungen Pflänzchen bald kräftig bestachelt, im Gegensatz zu den gleichaltrigen auf der sauren Nährlösung und ihren Geschwistern in Erde. Dieser Befund stimmt mit den Ergebnissen die Mevius an Mais machte vollkommen überein. Die Anthurien schoben ihre Blätter nicht so hoch hinaus wie bei saurem PH und die Blättchen wurden früher hart und ledrig, waren mehr senkrecht aufgerichtet und nicht so weit ausladend wie die der Pflanzen, die auf saurer Nährlösung standen. Andererseits zeigte sich bei einigen Versuchen, bei denen ich das PH mittels Phosphorsäure auf 3,0 brachte, daß das Herz der Bromeliaceen ausfaulte und der junge Trieb bei Anthurien kaum 2 cm hoch, weich wurde und abfaulte. Analog zeigte sich auch bei der Bewurzelung, daß z. B. Anthurien, Vriesien, Bilbergien und Cryptantus kurze, dicke, spröde Wurzeln ohne Wurzelhaare auf alkalischer Nährlösung bildeten, was auf saurer Lösung nicht der Fall war. Zur Kritik der Ergebnisse ist zu sagen, daß zwar das PH der Nährlösungen nicht exakt konstant blieb, daß jedoch immerhin die Schwankungen innerhalb solcher Grenzen lagen, daß in dieser Hinsicht die Ergebnisse befriedigen. Weiterhin hat sich natürlich während der Kultur der lösliche wie der unlösliche Teil der mineralischen Salze geändert, eine Tatsache, die nicht zu umgehen war und die durch oftmaliges Erneuern der Nährlösungen wenigstens in kleinem Rahmen gehalten wurde.

Zum Schluß möchte ich noch eine morphologische Besonderheit mitteilen, die mir aufgefallen ist. Ich konnte immer finden, gleichgültig ob bei Phalaenopsis oder Crypthantus oder Anthurium oder Rhipsalis, daß, sobald Pflanzen auf Wasserkultur genommen wurden,

sie ein überaus üppiges und schnelles Wachstum zeigten, welches meist größer war als das, was wir aus der gärtnerischen Praxis zu sehen gewohnt sind.

Folgende Beobachtung möchte ich ohne alle Problematik hier herausstellen: Die Vermehrung der Zahl der Nebenwurzeln bei Crypthantus, sobald man ihn auf Nährlösung setzt. (Siehe Figur 4).

cm	Zahl der Wurzeln IIo	IIIo	IVo	S	Zahl d. Wurz. Cryptanthus ac ruber IIo	IIIo	S	cm
1	2	0	0	2	4	0	4	1
2	7	10	0	17	5	0	5	2
3	17	10	0	27	5	0	5	3
4	21	24	0	46	5	0	5	4
5	20	28	0	48	3	0	3	5
6	26	31	0	57	4	0	4	6
7	18	9	0	27	3	0	3	7
8	11	1	0	12	1	0	1	8
9	8	0	0	8	0	0	0	9
10	1	0	0	0	0	0	0	10
11	131	113	0	244	30	0	30	11



Wurzel von Wasserkultur Kultur in Erde 1/1 nat. Gr.

Figur 4.

Die rechts abgebildete Wurzel ist eine von 4 annähernd gleichen Wurzeln einer Pflanze, die in einer Schale mit Lauberde, Torf und Sand wuchs. Die links abgebildete Wurzel ist eine von 5 Wurzeln einer Pflanze, die sich seit etwa 4 Monaten auf einer schwach sauren Nährlösung normaler Zusammensetzung befand, und die sich in dieser Zeit völlig neu bewurzelt hat. Die anderen 4 Wurzeln

waren völlig analog ausgebildet. Wie ersichtlich ist die Verästelung der Wurzeln zweiter und dritter Ordnung äußerst gesteigert. Die Zahl der Nebenwurzeln beträgt insgesamt links 244 und rechts etwa 30.

Zusammenfassung der Ergebnisse.

Meine Versuche mit Lösungen reiner Säuren zeigen, daß alle untersuchten Epiphyten im Stande sind ein PH von 4,0 zu ertragen, daß darüber hinaus einige die Fähigkeit haben reinen Säuren bis zu einem PH von 3,5 zu widerstehen, daß die Fähigkeit sehr saures PH zu ertragen am geringsten ist bei den Orchideen, extrem bei den Oncidien größer bei den Cattleyen, Cypripedien Cymbidien, noch größer wird bei den Araceen und bei Rhipsalis, daß Bromeliaceen noch widerstandsfähiger sind und unter diesen Chryptanthus als das Extrem anzusehen ist.

Die Kulturversuche auf Nährlösungen von verschiedenem PH zeigen, daß das Wachstumsoptimum, gemessen an der Frischgewichtszunahme fast ausnahmslos im sauren Bereich von 4,0 bis 5,0 liegt. Dem kleinen Optimum von Phalaenopsis bei Ph 5,5 bis 6,0 messe ich in Anbetracht der sehr kleinen Differenz keine Bedeutung bei. Die graphische Darstellung Fig. 3, demonstriert ein weiteres, sehr bedeutsames Ergebnis: Mit Ausnahme der Orchideen besitzen alle untersuchten Epiphyten in mehr oder weniger großem Maße die Fähigkeit, auch im neutralen oder schwach alkalischen Gebiet ihr Leben zu fristen und recht beachtliche Frischgewichtssteigerung zu erzielen. Diese Fähigkeit, die auch wieder am stärksten bei den Bromeliaceen hervortritt, geht den untersuchten Orchideen gänzlich ab. Für sie erlischt bei schwach alkalischer Nährlösung bereits die Möglichkeit zu existieren.

Man beachte, daß Cattleyen gewöhnlich gelblich aussehen, wo sie mit Leitungswasser gegossen werden und dieses alkalisch ist.

Versuche über optimale und noch erträgliche Salzkonzentration.

Zunächst eine Reihe von Versuchen, die die Frage nach der noch erträglichen Salzkonzentration beantworten soll.

Bei der Frage, welche Salze zu einem solchen Konzentrationsversuch zu verwenden sind, schieden alle Salze aus, deren Kationen resp. Anionen in ihrer Dissoziationskonstanten als Säure oder Base dem Partner über- oder unterlegen sind z. B. Fe, Mg, Mn oder Al, da ja sonst eine Stufenreihe mit abgewandelter Konzentration zugleich eine Reihe von abgewandelten PH wäre. Die Phosphate schieden wegen der schweren Löslichkeit ihrer Salze aus, Nitrate sind nicht zu gebrauchen wegen ihrer starken PH - Veränderung nach der alkalischen Seite und wegen ihrer einseitigen Nährwirkung. Die gebräuchlichen Nährlösungen schieden ebenfalls aus, da durch starke Konzentrierung derselben Ausfällungen stattfinden würden, die nahezu unkontrollierbar sind und damit eine Umgruppierung der in Lösung befindlichen Ionen Hand in Hand geht. In Frage kommen also nur die Cloride und Sulfate von Kalium und Natrium. Ich wählte für die erste Versuchsreihe Kaliumchlorid. Jeder Versuch wurde in mindestens 10 Parallelreihen angesetzt. Die Lösungen wurden alle 4 Tage erneuert, bei besonders dicken Wurzeln alle 2 Tage. Jeder Versuch dauerte 2 bis 3 Wochen, je nachdem, ob ich noch eine Änderung der Ergebnisse vermutete. Selbst in der Zeit von 4 Tagen konnte eine leichte Versauerung festgestellt werden, die sich, am stärksten bei den Röhrchen mit niedrigster Konzentration, dort auf 0,5 bis 1,0 PH belief. Die Röhrchen mit den beiden niedrigsten Konzentrationsstufen zeigten, wenn ich sie 14 Tage lang nicht neu füllte, einen PH-Abfall von ca. 6,5 auf 4,0 bis 3,2. Am stärksten zeigte sich der PH-Abfall bei Cymbidium, Oncidium, Phalaenopsis und Cattleyen, am geringsten war er bei Rhipsalis und Cryptantus. Ob diese mehr oder weniger stark auftretende Versauerung „nur" mit dem größeren Volumen der Orchideenwurzeln zusammenhängt, oder ob sich auch ein spezifisches Vermögen der Pflanze darin verbirgt, vermag ich nicht zu entscheiden. Ich benutzte 6 Konzentrationsstufen von KCl puriss. cryst. pro analysi Merck und Aqua dest. von der Farbenindustrie, in dem Spirogyra wächst.

Tabelle 20.

		osmotischer Wert der Lösungen in Atm.
Konzentrationsstufe Nr. 1	= 2 %	2,0
Konzentrationsstufe Nr. 2	1 %	6,0
Konzentrationsstufe Nr. 3	= 0,5 %	3,5
Konzentrationsstufe Nr. 4	= 0,25 %	1,2
Konzentrationsstufe Nr. 5	0,125 %	1,1
Konzentrationsstufe Nr. 6	= 0,063 %	0,7

Tabelle 21.

Konzentrationsstufen	1		2		3		4		5		6	
	X	O	X	O	X	O	X	O	X	O	X	O
Cattleya purpurata hybr.	100	0	100	0	100	0	100	0	15	85	0	100
Oncidium Rogersi	100	0	100	0	100	0	100	0	50	50	0	100
Oncidium altissimum	100	0	100	0	100	0	100	0	40	60	0	100
Oncidium Cavendishii	100	0	100	0	100	0	100	0	10	90	0	100
Onthurium scherz.	100	0	100	0	90	10	10	90	0	100	0	100
Bilbergia rhodoc.	100	0	20	80	0	100	0	100	0	100	0	100
Lindmannia penduliflora	100	0	50	50	0	100	0	100	0	100	0	100
Cryptantus bivitatus	80	20	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100
Cryptantus acaulis ruber	100	0	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100
Cryptantus zonatus	100	0	10	90	0	100	0	100	0	100	0	100
Rhipsalis spez.	90	10	10	90	0	100	0	100	0	100	0	100
Anthurium Andréanum	100	0	100	0	90	10	20	80	0	100	0	100

Zusammenstellung der MK-Werte, auf den Konzentrationsstufen von KCl Nr. 1, 2, 3, 4, 5 und 6.
Erklärung im Text.

Aufgezeichnet wurde als Ergebnis die absterbenden (X) resp. unversehrten (O) Wurzeln und zwar gleich in Prozent aller in dieser Stufe gemachten Parallelen. Z. B. 10 X und 90 O heißt, daß 10 % aller untersuchten Wurzeln in der jeweiligen Konzentration abstarben und 90 % unversehrt blieben.

Ergebnis: siehe Tabelle 21.

Um die so erhaltenen Werte anschaulicher zu machen, bezeichnen wir diejenige Konzentrationsstufe, bei der noch die Hälfte der Wurzeln unbeschädigt bleibt, mit dem Ausdruck Maximalkonzentration oder dem Zeichen Mk als einen für diese Pflanze bei dieser Konzentration charakteristischen Wert. Diese Definition soll nicht biologisch gesehen und absolut genommen werden etwa in dem Sinne, daß beispielsweise Mk = 3,2 die äußerste Konzentration darstellt, bei der die Wurzel zu leben vermag, sondern soll nur ein für jede Pflanze charakteristisches Zeichen sein, das ich bei meiner Art der Versuchsanstellung leicht auffinden kann und das mir einen Maßstab in die Hand gibt zur vergleichenden Betrachtung der Epiphyten untereinander. Diese Mk-Werte nach Größe geordnet ergeben folgende Übersicht:

Tabelle 22.

		Osmotischer Wert in Atm.
Cryptantus bivitatus	Mk = 1,3	13,0
Cryptantus acaulis ruber	Mk = 1,5	8,7
Rhipsalis spec.	Mk = 1,5	8,7
Cryptantus zonatus	Mk = 1,6	8,1
Bilbergia rhodoc.	Mk = 1,7	7,6
Anthurium scherz.	Mk = 1,8	7,2
Lindmannia penduliflora	Mk = 2,0	6,7
Anthurium Andreanum	Mk = 3,5	2,7
Cattleya purpur. hybr.	Mk = 4,6	1,3
Oncidium Cavendish.	Mk = 4,6	1,3
Oncidium Var. Rogersi	Mk = 5,0	1,1
Oncidium altiss.	Mk = 5,1	1,0

Ergebnis: Man sieht, daß hinsichtlich des Ertragens hoher Kalium-Salzkonzentrationen außerordentliche Unterschiede auftreten. Die Orchideen und darunter Oncidium vertragen nur eine Verdünnung von 0,125 — 0,063 % KCl. Den

Übergang bilden Bilbergia und Anthurium und das Extrem stellen Cryptantus dar, die noch zum Teil eine Konzentration von 2 % ertragen; eine Tatsache, die noch mehr in Erstaunen setzt, wenn man sich folgendes überlegt:

In dieser Versuchsreihe sind doch die Bedingungen höchst unnatürlich. Ich meine weniger die physikalischen Bedingungen, die durch die Versuchstechnik bedingt sind, als die chemischen. In der Natur tritt doch der Antagonismus, die Kompensationsfähigkeit der einzelnen Ionen untereinander auf, was bei dieser Versuchsreihe völlig fehlt. Die einseitige Wirkung des K. Jons z. B. Membranquellung, Auflockerung der Plasmastruktur, wird sich hier voll ausgewirkt haben ohne irgendwie balanciert zu werden. Die mehr oder weniger starke Versauerung deutet auf eine entsprechend bevorzugte Aufnahme des K. Jons hin, wie wir aus neueren Arbeiten von Pirschle und Mengdehl wissen. Die Frage ob bei der Versauerung auch ein Anteil an ausgeschiedenen Säuren vorliegt, wurde nicht untersucht. Ich nahm bei diesem Vorversuch die Versauerung mit in Kauf und umgi g sie bei den nächsten Versuchen durch eine Kombination von Salzen mit Pufferzuschlägen. In einer neuen Reihe von Versuchen, die zu einer Klärung des Probelms der Maximalkonzentration beitragen soll, versuchte ich mittels einer Lösung, die den obengenannten Bedenken Rechnung trägt, einwandfreiere MK-Werte zu erhalten. Als Salz verwandte ich den handelsüblichen Nitrophoska 2/Volldünger der I. G. Farbenindustrie, der nach Angabe der Herstellerfirma folgende Zusammensetzung hat:

Tabelle 23.

21,3 Teile Diammonumphosphat
31,2 Teile Ammoniumnitrat
47,5 Teile Kaliumchlorid.

Das Produkt enthält an Verunreinigungen:

1,77 % SO_4
0,57 % Fe
0,014% As
0,10 % Säureunlösl.
0,21 % Ca
0,10 % Mg
1,63 % Na
0,70 % Al_2O_3 + Fe_2O_3

Mit dem Ansetzen der Lösungen wurde folgendermaßen verfahren: Eine 4 %ige Lösung wurde durch Verdünnen auf die 6 Konzentrationsstufen eingestellt, nachdem die Anfangslösung filtriert worden war. Da die Lösungen alkalisch reagierten (ca. PH 8,5) stellte ich mittels Phosphorsäure das PH auf 5,0 ein. Vor der Zugabe von Phosphorsäure gab ich einen Zusatz von Tricalciumphosphat in entsprechender Dosis.

Tabelle 24.

Konzentrationsstufe	1	2	3	4	5	6
Konz. v. Nitrophoska in %	2.0	1.0	0.5	0.25	0.13	0.06
Tricalciumphosphatzuschl. gr	4.0	2.0	1.0	0.5	0.25	0.13
Mit Phosphorsäure eingestellt auf PH	5.0					
End-PH nach 4 täg. Stehenlassen ca.	5.5					

Mit diesen Lösungen machte ich nun denselben Versuch bei genau gleicher Methodik wie in der vorher beschriebenen KC1-Versuchsreihe. Ich hatte den Erfolg, nirgends ein Absinken des PH zu bemerken. Wenn ich die Nährlösung unerneuert in den Röhrchen ließ, machte sich erst nach 14 Tagen und dann auch nur bei Nr. 6 und dort nur bei Orchideenwurzeln ein Absinken des PH auf ca. 4,5 bemerkbar. Da mir nachträglich der Tricalciumphosphatzuschlag zu groß und zu stark abgestuft erschien, wählte ich zur Probe bei Cattleyen Oncidium und Vanda folgende Abstufungen, die jedoch dieselben Ergebnisse zeigten, sodaß ich der Einfachheit halber nur die Ergebnisse mit den vorher beschriebenen Stufen wiedergebe.

Tabelle 25.

Konzentrationsstufe	1	2	3	4	5	6
Tricalciumphosphatzuschlag gr	2.0	1.33	0.88	0.58	0.39	0.28

Herstellung der Lösungen wie oben beschrieben.

Zusammenstellung der Ergebnisse: siehe Seite 27, Tab. 26.

Tabelle 26.

Konzentrationsstufen	1		2		3		4		5		6	
	X	O	X	O	X	O	X	O	X	O	X	O
Cattleya Purpur. hybr.	100	0	100	0	100	0	60	40	0	100	0	100
Oncidium var. Rogersi	100	0	100	0	100	0	90	10	0	100	0	100
Oncidium altissimum	100	0	100	0	100	0	100	0	0	100	0	100
Oncidium cavendishii	100	0	100	0	100	0	100	0	20	80	0	100
Cymbid. Pauwelsi	100	0	100	0	90	10	10	90	0	100	0	100
Cyprijed. insigne	100	0	100	0	100	0	0	100	0	100	0	100
Anthurium Andréanum	100	0	100	0	80	20	0	100	0	100	0	100
Anthurium Scherzerianum	100	0	100	0	10	90	0	100	0	100	0	100
Bilbergia rhodocyanea	100	0	10	90	0	100	0	100	0	100	0	100
Lindmannia penduliflora	100	0	30	70	0	100	0	100	0	100	0	100
Cryptantus bivitatus	50	50	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100
Cryptantus ac. ruber	90	10	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100
Cryptantus zonatus	80	20	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100
Rhipalis spec.	100	0	50	50	0	100	0	100	0	100	0	100

Nach dieser Tabelle wurden die Mk für die einzelnen Pflanzen bestimmt und nach Größe geordnet. Es ergab sich folgende Zusammenstellung: Tab. 27.

Tabelle 27.

		Osmotischer Wert in Atm.
Cryptantus bivitatus	1,0	12,3
Cryptantus zonatus	1,3	9,8
Cryptantus acaulis ruber	1,4	9,0
Bilbergia rhodocyana	1,6	7,7
Lindmannia penduliflora	1,8	6,7
Rhipsalis spec.	2.0	6,0
Anthurium scherz.	2,6	4,0
Anthurium Andreanum	3,3	2,5
Cypripedium insigne	3,5	2,2
Cymbidium Pauwelsi	3,5	2,2
Cattleya purpurata hybr.	4,3	1,6
Oncidium Rogersi	4,6	1,2
Oncidium Cavendishii	4,7	1,1
Oncidium altissimum	4,7	1,1

Die Vorsicht mit der der Gärtner die oben untersuchten Pflanzen zu düngen pflegt entspricht in ihrer gradmäßigen Abwandlung direkt der Höhe des Mk-Wertes. d. h. bei den höchsten Mk-Werten wird er unbesorgt mit 0,2 bis 0,3 % Kunstdünger gießen. bei mittlerem Mk-Wert darf er höchstens stark verdünnte Lösungen gebrauchen und bei den letzten 4 kleinsten Mk-Werten pflegt er überhaupt nicht zu düngen.

Ergebnis:

Auch hier wieder sehen wir das eine Extrem dargestellt von Bromeliaceen, darunter als repräsentativsten Vertreter die Cryptanthen und als Gegenpol die Orchideen und darunter als empfindlichste Oncidium altissimum.

Auch allgemein gesehen decken sich die hier experimentell gefundenen Ergebnisse mit den aus der Praxis des Gärtners stammenden Erfahrungen. In Anbetracht dieser aufschlußreichen Ergebnisse halte ich die Wahl dieser Art der Versuchsanstellung für sehr glücklich. Man mag sich noch vergegenwärtigen, daß in der Natur die Humusstoffe in weitestem Umfang in der Lage sind, die auftretenden Konzentrationen zu ändern.

Zu dieser Frage der Entgiftung hoher Konzentrationen durch Kolloide unternahm ich folgenden Versuch.

Frisch bewurzelte, auf filtriertem Regenwasser gezogene Stecklinge von Rhipsalis spec. wurden auf 5 verschiedene Konzentrationen der BNL.-Lösung gesetzt. Auch jede Konzentrationsstufe kamen 20 Pflanzen, davon 10 auf Nährlösung ohne 0,1 % Orchidalzuschlag

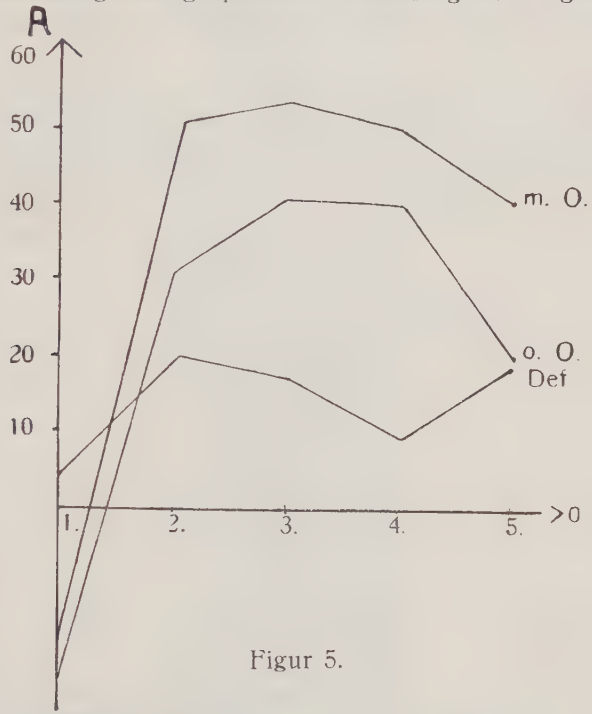
und je 10 Pflanzen auf Nährlösung mit 0,1 % Orchidal.

Zusammensetzung des Orchidals siehe Seite 5.

Zu diesem Versuch wurden also insgesamt 100 Pflanzen und 100 Einlitertonkrüge verwendet.

				Osmotischer Wert in Atm.
Konzentrationsstufe 1	enthält 40	gr Salz	pro Ltr.	14,2
Konzentrationsstufe 2	enthält 10	gr Salz	pro Ltr.	5,0
Konzentrationsstufe 3	enthält 2,5	gr Salz	pro Ltr.	1,7
Konzentrationsstufe 4	enthält 0,82	gr Salz	pro Ltr.	0,7
Konzentrationsstufe 5	enthält 0,20	gr Salz	pro Ltr.	0,5

Zusammenstellung und graphische Darstellung der Ergebnisse siehe Figur 5.



Figur 5.

Die Kurven sagen uns folgendes:

Wir erkennen die entgiftende Wirkung des Orchidals daran, daß sich die Orchidalkurve gleich bei der Konzentrationsstufe Nr. 1 über die Kurve der Lösungen ohne Orchidal erhebt. Das Optimum der Frischgewichtszunahme scheint weiter nach links, zum Bereiche der höheren Konzentrationen verlegt. Die graphische Darstellung der Differenz der beiden Kurven zeigt dies am deutlichsten. Auch sehen wir ein Ansteigen der Differenzkurve nach dem Bereich der ganz geringen Konzentrationen, was uns anzeigt, daß hier die Nährwirkung des Orchidals voll zur Geltung kommt. Da mich die praktische Kultur der Orchideen und ihre wissenschaftlichen Unterlagen

interessiert, habe ich einige kleine Versuche mit Orchidal unternommen. Die Versuche wurden wie schon oft nach der Röhrchenmethode ausgeführt. Als Lösungen nahm ich folgende Konzentrationsstufen von $Fe_2(SO_4)_3$ gr/Ltr.

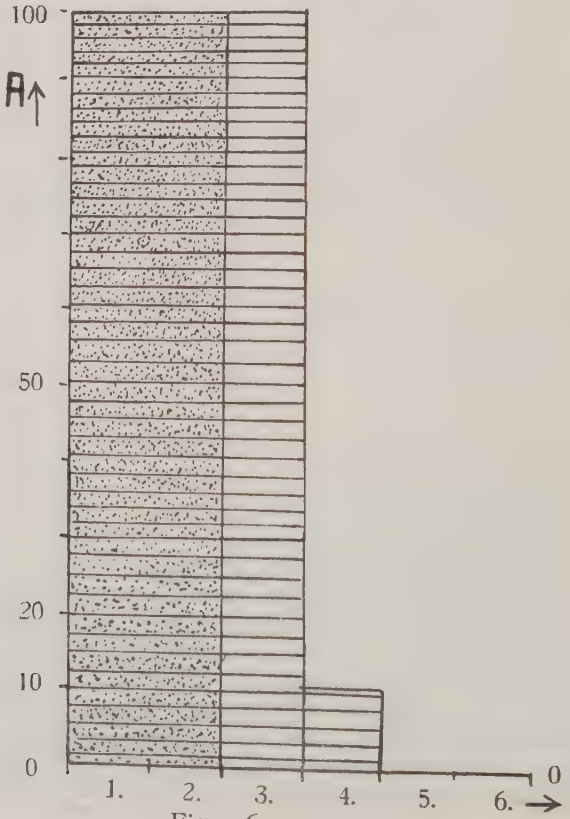
Tabelle 28.

(je 10 Röhrchen mit und je 10 Röhrchen ohne Orchidal)

	Osmot. Konzentration in Atm.
Nr. 1 = 4,0 gr	1,0
Nr. 2 = 1,33 gr	0,8
Nr. 3 = 0,44 gr	0,7
Nr. 4 = 0,147 gr	0,7
Nr. 5 = 0,049 gr	0,7
Nr. 6 = 0,016 gr	0,7

In jedes Röhrchen brachte ich eine Wurzel von Phalaenopsis hybr., die vorher auf Regenwasser vorkultiviert wurden und vor dem Versuch mit reinem Aqua dest. abgespült wurden.

Zusammenstellung der Ergebnisse siehe Fig. 6.



Figur 6.

Auf der Abszisse sind die 6 Konzentrationsstufen, auf der Koordinate die Zahl der absterbenden Wurzeln in Prozent angegeben. Die Zahl der absterbenden Wurzeln ist umrahmt.

Wir sehen zwar bei der Stufe 1 und 2 sämtliche Wurzeln absterben, aber schon bei Stufe 3 nur die in den Röhrchen, die keinen Orchidalzusatz haben. Wir erkennen also deutlich eine Schutzwirkung des Orchidals gegen die giftigen Fe-ionen.

Um mich zu überzeugen, ob diese Schutzwirkung des Orchidals sich auch bei anderen epiphytischen Orchideen zeigte, versuchte ich folgendes: Eine doppelt konzentrierte B. N. L.-Lösung wurde einmal mit 0,1 % Orchidal versetzt und einmal ohne Zusatz belassen. Die Lösungen wurden in verdunkelte Reagenzröhrchen gefüllt und im Gewächshaus an alle möglichen Epiphyten resp. deren Luftwurzeln gehangen. Es ergab sich, daß die Wurzeln ohne Orchidalzusatz abstarben, nicht aber die in den Gläsern mit Orchidalzusatz. Siehe Tab. 29.

Tabelle 29.

Nach 10 Tagen % zahl der absterb. Wurzeln			Nach 20 Tagen % zahl der absterb. Wurzeln	
Mit Orchidal	Ohne Orchidal		Mit Orchidal	Ohne Orchidal
0	100	Aeritis spec.	0	100
0	100	Aeritis fl. aer.	10	90
10	100	Arachnis mangr.	10	100
0	100	Vanille planif.	0	100
0	100	Cattleya hybr.	0	100

Nun machte ich bei gleicher Methodik einen ähnlichen Versuch mit Magnesiumsulfat und folgenden Konzentrationsstufen:

Tabelle 30.

1 = 4,0 gr/Ltr.	1,8
2 = 1,33 gr/Ltr.	1,4
3 = 0,44 gr/Ltr.	1,0
4 = 0,15 gr/Ltr.	0,9
5 = 0,05 gr/Ltr.	0,8
6 = 0,016 gr/Ltr.	0,6

Ich füllte diese Lösungen wieder in Röhrchen und versetzte wieder die Hälfte mit Orchidal so, daß der Inhalt neben der Lösung 0,1 % Orchidal enthielt. Da mich auch die Zeitabschnitte, in denen die Wurzeln abstarben, interessierten, kontrollierte ich fast jeden Tag und stellte fest, daß sich bereits nach 7 Tagen keine Änderung mehr vollzog.

Da ich vermutete, daß sich vielleicht vorbehandelte Wurzeln von unvorbehandelten unterschieden, machte ich den Versuch, einmal mit Sämlingen, die auf Regenwasser vorkultiviert worden waren. Die Wurzeln waren also in der Nährlösung gewachsen. Nebenher machte ich denselben Versuch mit gleichen Pflanzen, die ich gerade von ihrem natürlichen Standort, Holzkistchen mit lockerem Polypodium gefüllt, genommen hatte. Es zeigte sich jedoch praktisch kein Unterschied.

Wie bei der Versuchsreihe mit Eisensulfat zeigte sich auch hier, daß durch Zusatz von 1 % Orchidal eine sonst unerträglich hohe Satzkonzentration erträglich gemacht werden kann.

Eine Beobachtung sei noch erwähnt: Orchidal gibt in reinem Wasser oder niedriger Konzentrationsstufen z. B. 4 und 5 beim Versuch mit Magnesiumsulfat oder 4, 5 und 6 beim Versuch mit $Fe_2(SO_4)_3$ klare, braune Lösungen. Diejenige Konzentration (meist Nr. 3), bei der die Lebensfähigkeit der Wurzeln erst durch Anwesenheit von Orchidal garantiert ist, zeigte jedoch schon eine deutlich hellere Färbung im oberen Teil und einen Niederschlag, der, wenn man ihn vorsichtig aufschüttelte, sich als aus dicken, braunen Flokken zusammengesetzt zeigte. Klare, ganz hell gefärbte Lösungen über dicken braunen Niederschlag zeigten jene Röhrchen, in denen Orchidal nicht mehr vermocht hatte, das Absterben der Wurzeln zu verhindern. So scheint mir die Wirkung des Orchidals in erster Linie in der Fähigkeit zu bestehen, aus hohen Konzentrationen durch Anlagerung an das kolloide Molekül einen Teil der giftigen Fe- oder Mg-Ionen auszuflocken. Man vergleiche diese Vorgänge, wie sie bei Freundlich, Kapillarchemie, II. Aufl., 1922, Seite 576—578 dargestellt sind. Die gleichen Vorgänge und Ergebnisse zeigten sich, wenn ich statt des Magnesiumsulfats reine Schwefelsäure verwandte. Das Absterben der Wurzeln erfolgte mit 0,1 % Orchidalzuschlag fast genau eine Stufe später als in den Röhrchen, in denen kein Orchidal war. Eine Pufferwirkung gegen Wasserstoff-Ionen ist dem Orchidal nicht eigen.

Vom rein praktischen Standpunkt aus gesehen, stellt sich bei meinen Versuchen die Fähigkeit des Orchidals als günstig heraus eine gelinde Düngewirkung mit einer Schutzwirkung gegen Schädigung durch Gifte zu verbinden.

Bei den vorstehend geschilderten Versuchen hatte es sich herausgestellt, daß die Fähigkeit hohe Salzkonzentrationen zu ertragen, bei den untersuchten Epiphyten stark unterschiedlich ist. Nach ihrer Empfindlichkeit gegen hohe Konzentrationen geordnet, gibt die Tab. 27 auf Seite 28 ein anschauliches Bild.

Vom Standpunkt des Oekologen gesehen, können wir Cryptanthus als Xerophyt bezeichnen, da er auf stark konzentrierten, wir können auch sagen „physiologisch trockenen" Nährlösungen noch sehr gut zu wachsen vermag. Im Gegensatz hierzu zeigen die untersuchten Orchideen auf konzentrierten Nährlösungen deutliche Schädigung. Wir können sie als Hygrophyten bezeichnen.

Ein neuer Versuch mit den nach meinen bisherigen Versuchen am besten geeigneten Objekten, Cryptanthus, Arthurium und Phalaenopsis sollen uns noch einmal das gegensätzliche Verhalten dieser drei Epiphyten-Typen zeigen. Hatten wir uns bisher nur mit der Feststellung dieser Tatsache begnügt, so soll dieser Versuch die Frage nach dem „Warum" beantworten. Welche Fähigkeit ist es, die ein Kryptanthus besitzt, einer Orchidee jedoch abgeht? Um die Antwort vorweg zu nehmen: Die Fähigkeit hohe Salzkonzentrationen zu ertragen liegt in der Fähigkeit, die Konzentration seines Zellsaftes zu erhöhen. Kryptanthus besitzt diese Fähigkeit, Phalaenopsis besitzt diese Fähigkeit nicht.

Bei diesem Versuch wurden deshalb außer der Frischgewichtsbestimmung auch die Konzentration des Zellsaftes sowie die Trokken und Aschengewichte bestimmt.

Methodik.

Der Versuch wurde angesetzt am 10. Januar 1936 und abgebrochen am 15. Mai 1936. Zur Verwendung kam die bei mir gut bewährte saure Nährlösung nach Zinzadze. Diese Nährlösung hat normal 2,53 gr Salze / Ltr., davon l. 63 löslich. Ich wählte 5 Konzentrationsstufen, von denen die unterste, Nr. 1, $^1/_2$ normal, die Nr. 2, $^1/_1$ normal, Nr. 3. 2 × normal usw. war.

Tabelle 31.

Nr.	1	2	3	4	5
	½ n	$^1/_1$ n	2 n	4 n	8 n n = normal
	0,5	0,8	1,2	3,0	5,6 osmot. Wert in Atm.

Näheres über die PH-Wertänderung s. S. 36, Tabelle 34. Gefäße waren ein Liter gutlasierte gelbe Tonkrüge, als Deckel eine entsprechend durchlochte Schieferplatte. Als Versuchspflanzen dienten zweieinhalbjährige Phalaenopsis-Sämlinge, die vorher auf sehr stark verdünnter (0,01 %) Nährlösung überwintert waren, Kryptantus-Stecklinge, die frisch aus Mutterpflanzen ausgebrochen worden waren und daher noch unbewurzelt waren, sowie Anthurium Scherzerianum-Sämlinge, etwa einjährig, die bis dahin in Pickierschalen mit Lauberde, Torf und Sand gestanden hatten. Vor dem Ansetzen wurden die Pflanzen, besonders die Wurzeln, sorgfältigst gereinigt. Auf jede Konzentrationsstufe setzte ich von jeder Pflanzenart 8 Exemplare auf 8 Gefäße. Das macht also für 5 Konzentrationsstufen 40 Pflanzen und Gefäße. Insgesamt also 120 Gefäße mit ebensoviel Pflanzen. Da die Pflanzen in der Größe leicht variierten gab ich die größten Pflanzen stets nach vorn und die kleineren nach hinten, was den Zweck hatte nachher bei der Auswägung gleichmäßigere Werte zu erhalten. Beistehendes Schema mag besser die Gruppierung erklären. Hinzugefügt ist der Plan, nach welchem später die Veraschung und kryoskopischen Bestimmungen gemacht wurden. Siehe Figur 7. Die Pflanzen sind durchlaufend nummeriert von 1 bis 120.

Nr. 1	Nr. 2	Nr. 3	Nr. 4	Nr. 5
P A C	P A C	P A C	P A C	P A C
1 41 81	9 49 89	17 57 97	25 65 105	33 73 113 (—) 1
2 42 82	10 50 90	18 58 98	26 66 106	34 74 114 (—) 2
3 43 83	11 51 91	19 59 99	27 67 107	35 75 115 (—) 3
4 44 84	12 52 92	20 60 100	28 68 108	36 76 116 (—) 4
5 45 85	13 53 93	21 61 101	29 69 109	37 77 117 (—) 4
6 46 86	14 54 94	22 62 102	30 70 110	38 78 118 (—) 3
7 47 87	15 55 95	23 63 103	31 71 111	39 79 114 (—) 2
8 48 88	16 56 96	24 64 104	32 72 112	40 80 120 (—) 1

Figur 7.

Die Horizontalreihen in diesem Schema rechts sind mit Nummern bezeichnet. Davon bedeutet:

1. ungewässert, getrocknet, verascht,
2. gewässert, getrocknet, verascht,
3. ungewässert, kryoskopiert, getrocknet, verascht,
4. gewässert, kryoskopiert, getrocknet, verascht.

Die untersuchten Pflanzen sind in ihrer tropischen Heimat starken Regengüssen ausgesetzt. Da nach neueren Arbeiten z. B. von Arens, die cutikuläre Aussalzung für tropische Pflanzen als physiologisches Hauptproblem erscheinen muß, erschien es wünschenswert zu untersuchen, ob bei den von mir zum Versuch herangezogenen Epiphyten eine Aussalzung in nennenswertem Rahmen zu verzeichnen war. Ich wässerte deshalb einen Teil meiner Versuchspflanzen vor dem Trocknen oder Auspressen, indem ich sie so mit den Blättern ins Wasser hängte, daß der Wurzelansatz gerade über dem Wasserspiegel, die Wurzeln selbst jedoch frei in der Luft hingen. Da dieses Aufhängen unter der Stellage in einem Bassin mit reinem Regenwasser geschah, kommt ein Verdunsten des nichtbenetzten Teiles der Pflanze kaum in Betracht. Nach der Wässerung, die 8 Stunden dauerte, wurden die Pflanzen wieder für 12 Stunden auf ihre Gefäße gesetzt, um sich in ihrem Wasserhaushalt wieder den nichtgewässerten Pflanzen anzugleichen.

Nach 4 Monaten zeigte sich, daß auf der höchsten Konzentration nur noch die Cryptanthen wuchsen, wie dies ja nicht anders zu erwarten war. Sonst lebten auf dieser Konzentrationsstufe nur noch 3 von den 8 Phalaenopsis während die Anthurien bereits nach wenigen Wochen eingegangen waren. Dies darf nun nicht zu der Meinung führen, als wenn Phalaenopsis höhere Salzkonzentrationen ertragen könnte als Anthurium, sondern die Sukkulenz der Blätter von Phalaenopsis schützte diese vor einem zu schnellen Tode. Phalaenopsis ließ einfach die Wurzeln absterben und ging langsam dem Vertrocknen entgegen, sich spärlich von dem Spritzwasser auffrischend, das allen Pflanzen 2 mal täglich geboten wurde, um dem Auftreten von roter Spinne, Trips und Schmierlaus vorzubeugen. Bezeichnet man mit 1 die Pflanzen, die wüchsig, frisch und grün,

mit 2 diejenigen, die gelblich aussahen, mit 3 diejenigen, die angewelkte und gelblichrötliche Blätter hatten, und mit 4 endlich die abgestorbenen Überreste, so ergaben sich für die einzelnen Reihen auf den 5 Konzentrationsstufen folgende Durchschnittszahlen.

Tabelle 32.

Phalaenopsis					Anthurium					Cryptanthus				
1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1	1	1.1	2.5	3.8	1	1	1	2.2	4.0	1	1	1	1	1.3

In dieser Übersicht zeichnet sich schon im voraus das Ergebnis der späteren Frischgewichtsbestimmung ab. Gleichsinnig zeigte sich die Untersuchung der Wurzeln. Eine Bestimmung der Prozentzahl der überlebenden Wurzeln von der Gesamtzahl aller Wurzeln ergab folgendes Bild:

Der Einfachheit halber ist auch hier jeweils der Durchschnitt einer ganzen Reihe angegeben.

Tabelle 33.

Phalaenopsis					Anthurium					Cryptanthus				
1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
52	59	40	25	0	100	100	100	75	0	100	100	100	100	80

Hierbei stellt sich im übrigen das wahre Verhältnis von Phalaenopsis zu Anthurium heraus. Die Änderung des PH-Wertes der einzelnen Gefäße, vom Ausgangs PH 4,5, war im großen und ganzen nicht beträchtlich. Die Zinzadze Nährlösung hat sich bewährt, indem sie ihr PH annähernd konstant gehalten hat; allerdings zeigt sich auf Konzentrationsstufe 1 ein etwas stärkerer PH-Abfall, der durch die Verdünnung hervorgerufen worden ist. Man hätte in diesem Falle zwischendurch die Nährlösung einmal erneuern müssen.

Tabelle 34 gibt die PH-Zahlen der Nährlösungen bei Beendigung des Versuches wieder.

Tabelle 34

Phalaenopsis					Anthurium					Cryptanthus				
1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
3.3	3.5	3.5	4.2	4.7	3.5	3.5	3.6	4.2	4.4	3.8	3.5	3.5	4.2	4.7
3.3	3.5	3.5	4.2	4.7	3.5	3.5	3.8	4.4	4.4	3.5	3.5	3.5	4.2	4.2
3.3	3.5	4.0	4.4	4.4	3.5	3.5	3.8	4.2	4.4	3.5	3.5	3.5	4.4	5.2
3.3	3.5	4.2	4.7	4.4	3.2	3.2	4.0	4.2	4.4	3.5	3.2	4.2	4.4	4.4
3.3	3.5	4.2	4.0	4.7	3.2	3.2	4.0	4.2	4.4	3.5	3.5	4.2	4.2	4.4
3.3	3.8	3.5	4.4	4.7	3.5	3.5	3.6	4.2	4.4	3.5	3.5	4.2	4.2	4.4
3.8	3.5	3.5	4.4	4.7	3.2	3.2	3.6	4.2	4.4	3.5	3.2	4.2	4.2	4.4
3.5	3.5	3.2	4.2	4.7	3.5	3.5	3.8	4.2	4.4	3.5	3.5	3.5	4.2	4.4

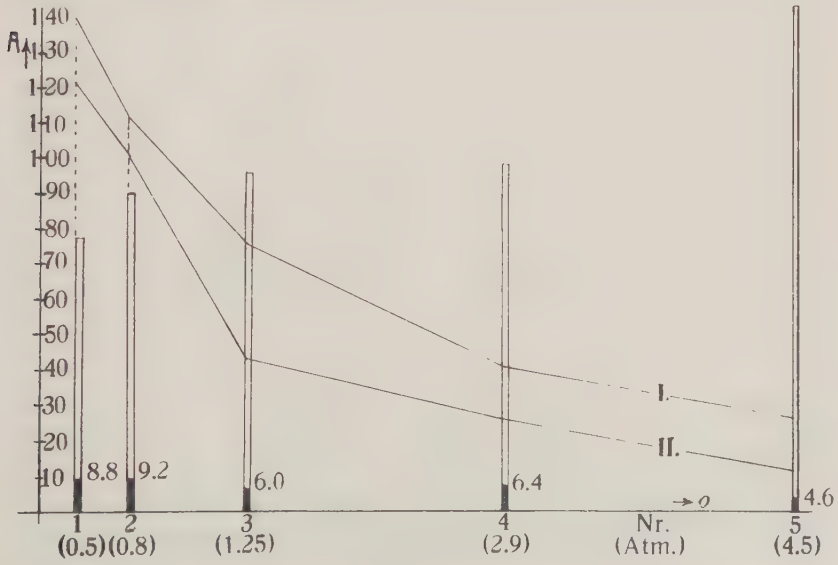
Nach Beendigung des Versuches untersuche ich die Konzentration der Nährlösung kryoskopisch. Die Messungen ergaben, daß die niederen Konzentrationen sich gut gehalten haben, daß bei Stufe 4 eine leichte Erhöhung der Konzentration und bei Stufe 5 eine Erniedrigung stattgefunden hat. Diese Veränderungen obwohl beacht-

lich sind jedoch nicht von solchem Ausmaß, daß sie das Gesamtergebnis beeinträchtigen könnten.

Die Konzentrationsabnahme in der obersten Stufe ist wahrscheinlich durch Hineingelangen von Spritzwasser zu erklären.

Einige Erscheinungen, die die morphologischen Veränderungen der Pflanzen beim Wachsen auf verschieden konzentrierten Nährlösungen betreffen möchte ich vorwegnehmen. Es war zu vermuten, daß Phalaenopsis durch die höhere Konzentration der Lösung zu einem größeren Salzgehalt und damit zu einer größeren Salzablagerung in Form unlöslicher Kristalle gezwungen wurde. Veränderungen in der Cutikula oder Zellwanddicke waren nicht wahrnehmbar. Jedoch war die Zahl der Zellen mit Raphidenbündeln bei Pflanzen auf Stufe 5 ungefähr verdoppelt gegenüber den Pflanzen, die auf Konzentration 1 oder 2 gewachsen waren. Es wurden 2 qcm große Stücke von ausgewachsenen Blättern ausgeschnitten; hiervon wurden je 10 Längsschnitte von 1—1 ½ Zellschichtdicke und 2 cm Länge mit einander verglichen. Die Raphidenzellen lagen meist in der dritten bis vierten Zellreihe unter der Epidermis. Es ließ sich feststellen, daß auf Konzentration Nr. 1 im Durchschnitt etwa 20—30 Raphidenzellen pro cm, auf Nr. 5 jedoch 30—50 lagen. Übergänge zwischen den beiden Zahlen parallel mit den Konzentrationsreihen ließen sich nicht eindeutig nachweisen.

Die Abhängigkeit der Wurzellänge von der Konzentration der Lösung war so auffallend, daß ich sie, wenn diese Erscheinung auch aus gärtnerischer Praxis allgemein bekannt ist, bildlich darzustellen versuchte. (Figur 8).



Figur 8.

Noch ein Befund, der letzten Tage sei erwähnt. Bei der Aschensubstanz zeigte sich im letzten Stadium der Veraschung, wenn die Karbonatzersetzung begann und im glühenden Platintiegel die Schmelze in die am Boden liegende lose Asche lief, dort ein gründlich gefärbter Rand. Dies ließ auf Mangan schließen. Ich hielt dies jedoch für unmöglich, da ich meiner Nährlösung kein Mangan zugesetzt hatte. Zur Untersuchung auf Mangan wurden etwa 100 mg Aschensubstanz in etwa 15 ccm verdünnter Schwefelsäure gelöst. Dann wurde solange 5 %ige Silbernitrat-Lösung zugegeben bis nach anfänglichem Ausfällen des Silbers als Chlorid freie Silberionen in Lösung waren. Silberionen dienen als Katalysator für die Kaliumpermanganatbildung. Es wurde etwa ½ gr Kaliumpersulfat zugegeben und die Lösung auf dem Wasserbad erwärmt. Es zeigte sich nach wenigen Minuten eine sehr schöne deutlich rotviolette Färbung, die auf die Gegenwart von roh geschätzt 1 mg Mangan schließen ließ. Bei genauer Nachprüfung ergab sich, daß meine Phalaenopsis-Sämlinge vor etwa 2 Jahren einmal für kurze Zeit auf einer Nährlösung gestanden haben, die ungefähr 0,05 gr Magnesiumsulfat pro 1 enthielt. Hieraus ergibt sich also, daß die Phalaenopsis damals wohl sämtliches ihnen zur Verfügung stehendes Mangan aus der Nährlösung herausgezogen hatten und dieses bis heute unvermindert gespeichert hatten. Nähere qualitative Messungen wurden nicht gemacht, da die Ausgangsdaten zu ungewiß waren und es auch fraglich erschien, ob alle oder nur ein Teil meiner Pflanzen damals auf der manganhaltigen Lösung gewachsen waren. Es ist nur interessant Phalaenopsis als eine manganabsorbierende und manganspeichernde Pflanze kennenzulernen.

Zur Bestimmung der Frischgewichtszunahme: Die Pflanzen waren vor dem Ansetzen des Versuches bis auf + oder — 0,04 gr exakt gewogen worden, Nach Beendigung des Versuches wurde das Frischgewicht mit gleicher Genauigkeit bestimmt. Die Differenz der beiden Gewichte jeder Pflanze auf das Anfangsgewicht bezogen ergab somit die Frischgewichtssteigerung in % im Laufe von rund 4 Monaten.

Frischgewichtszunahme in % des Ausgangsgewichtes.
(Durchschnitt von je 8 Pflanzen)

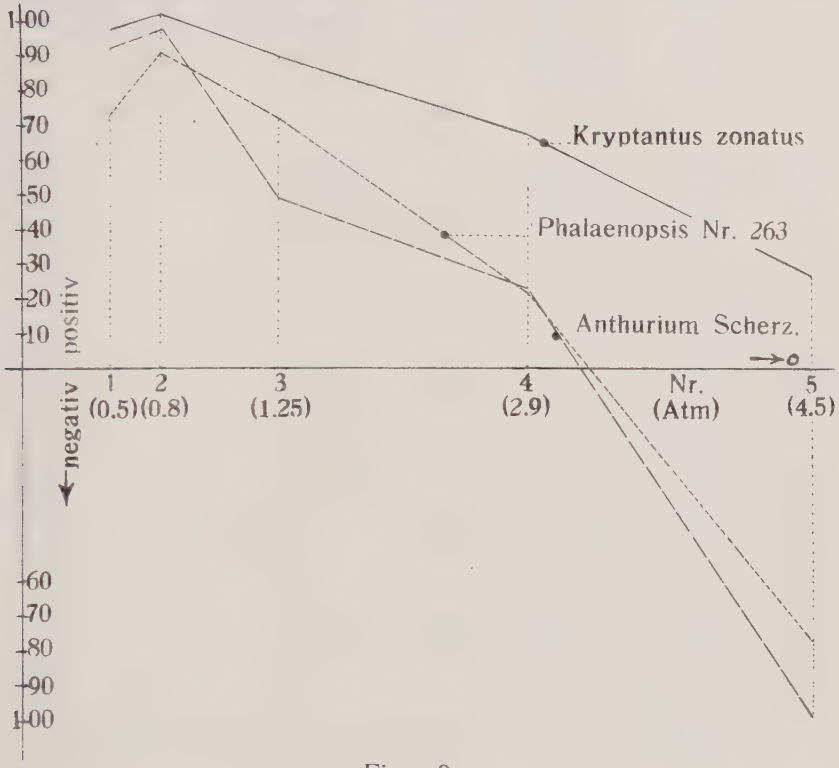
Tabelle 35.

	1	2	3	4	5
Phalaenopsis	722	791	722	227	— 78
Anthurium	460,2	488,2	246,9	116,2	—100
Cryptanthus	155,7	166,7	145	110	+43,7

Um die gefundenen Ergebnisse graphisch darstellen zu können, wurden die Gipfel der Kurven durch dividieren mit einem Faktor auf annähernd gleiche Höhe gebracht.

	F	1	2	3	4	5
Phalaenopsis	1	72,2	91	72,2	22,7	—78
Cryptanthus	1,6	97,3	104	90,7	68,5	+27
Anthurium	5,0	92	97,6	49,4	23,2	—20

Graphische Darstellung siehe Figur 9.



Figur 9.

Nach der Bestimmung des Frischgewichtes wurde nach dem Schema Tab. 37, S. 40 je zwei Pflanzen einer Reihe verascht, oder ausgepreßt. Bei den Reihen 3 und 4 wurde nach dem Auspressen und dem Kryoskopieren des Preßsaftes der Preßrückstand und der Preßsaft getrocknet und verascht und der bei dem Pressen entstandene gewichtsmäßig bestimmte Preßverlust an Hand des Gehaltes des Preßsaftes an Trocken- resp. Aschengehalt zu dem Trockengewicht des Preßrückstandes zugeschlagen, um eine Kontrolle für die bei den Reihen 1 und 2 enthaltenen Aschenwerte zu haben. Für die Methodik des Auspressens und Kryoskopierens wurde genau nach H. Walter's Angaben gearbeitet. Mit Hilfe von einigen 100 Wägungen und einem etwas umständlichen Arbeitswege

gelangt man zum Schluß zu den Zahlen des Aschen- und Trockengewichtes, die in einem Falle meist recht gut mit den vorhergefundenen Ergebnissen übereinstimmten. Die Reihenfolge der Wägungen und Messungen will ich deshalb hier an Hand eines Beispiels mit Zahlen erklären. Die Wurzeln wurden bei dem Auspressen vorher entfernt und getrennt gewogen, getrocknet und nachher bei der Trockensubstanz des Preßrückstandes zugegeben und mit diesem gemeinsam verascht.

Tabelle 37.

Frischgewicht + Glas ohne Wurzel ohne Kork	61,62
Frischgewicht desselben nach dem Kochen	61,65
Kochverlust (liegt innerhalb der Fehlergrenzen) kann vernachlässigt werden	0,005
Tara-Glas	22,39
Gewicht der Preßlappen	0,71
Frischgewicht der Wurzeln ohne Glas	23,07
Pressen	
Kryoskopieren	
Preßrückstand frisch	51,93
Preßverlust	9,69
Preßsaft + Gläschen	12,541
Tara-Gläschen	5,096
Preßrückstand trocken ohne Lappen + Wurzeln	3,745
Preßsaft frisch, netto	8,96
Preßsaft trocken, netto	1,001
Preßsaft verascht	0,100
Preßrückstand + Wurzeln, verascht	0,490
Frischgewicht insgesamt	40,565
Trockengewicht insgesamt	4,85
Asche insgesamt	0,590

Hiernach ergab sich an mg Asche pro 100 gr Frischgewicht:

Tabelle 38.

(ungewässert)	1	2	3	4	5
Phalaenopsis	799	828	987	1332	2364
Anthurium	935	1401	1688	1736	—
Kryptanthus	1138	1173	1342	1378	1908
mg Trockengewicht pro 10 gr Frischgewicht					
Phalaenopsis	650	700	758	833	1209
Anthurium	860	809	938	1161	—
Kryptanthus	409	399	589	1189	1311
mg Asche pro 10 gr Trockengewicht					
Phalaenopsis	1150	1320	1348	1601	1955
Anthurium	1682	1692	1783	1518	—
Kryptanthus	1374	1478	1282	1138	1475

mg Asche pro 100 gr Frischgewicht

2 te Bestimmung (ungewässert)	1	2	3	4	5
Phalaenopsis	910	961	1009	1213	2359
Anthurium	1369	1449	1444	1594	—
Kryptanthus	902	1141	1279	1268	1638

mg Trockengewicht pro 10 gr Frischgewicht

Phalaenopsis	614	784	671	823	1008
Anthurium	916	949	1041	1053	—
Kryptanthus	829	1161	1070	1080	1300

mg Asche pro 10 gr Trockengewicht

Phalaenopsis	1373	1229	1501	1476	2178
Anthurium	1496	1521	1549	2776	—
Kryptanthus	1088	1000	1200	1190	1256

mg Asche pro 100 gr Frischgewicht

(gewässert)	1	2	3	4	5
Phalaenopsis	754	787	907	1259	(1974)
Anthurium	929	1200	1614	1633	—
Kryptanthus	1118	1243	1314	1150	1520

mg Trockengewicht pro 10 gr Frischgewicht

Phalaenopsis	681	603	619	861	927
Anthurium	903	951	1008	1168	—
Kryptanthus	810	909	972	1071	1156

mg Asche pro 10 gr Trockengewicht

Phalaenopsis	1094	1328	1464	1466	1816
Anthurium	1023	1553	1600	1400	—
Kryptanthus	1392	1413	1347	1073	1350

2 te Bestimmung (gewässert)	1	2	3	4	5
Phalaenopsis	706	761	876	1048	—
Anthurium	1070	1302	1511	1385	—
Kryptanthus	990	1002	1166	1209	1492

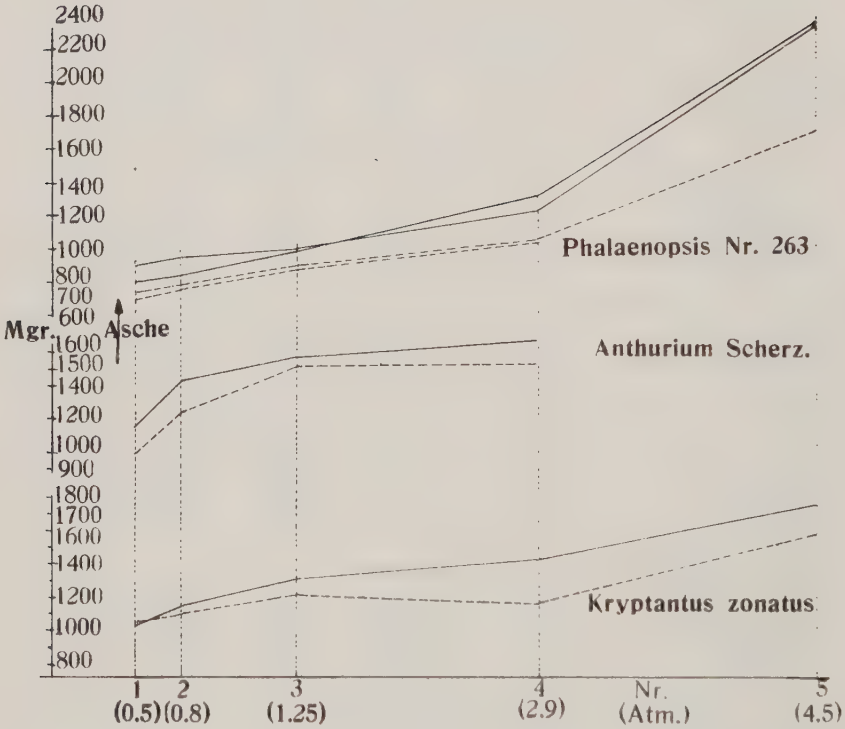
mg Trockengewicht pro 10 gr Frischgewicht

Phalaenopsis	614	612	743	802	—
Anthurium	951	899	1001	832	—
Kryptanthus	930	1011	1086	1090	1188

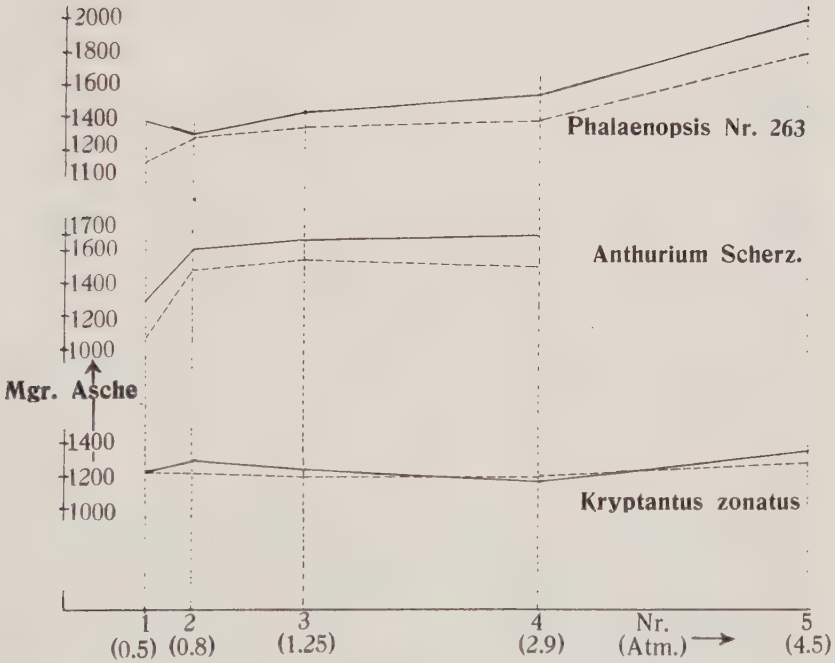
mg Asche pro 10 gr Trockengewicht

Phalaenopsis	1143	1242	1213	1328	—
Anthurium	1124	1450	1500	1666	—
Kryptanthus	1069	1027	1070	1111	1256

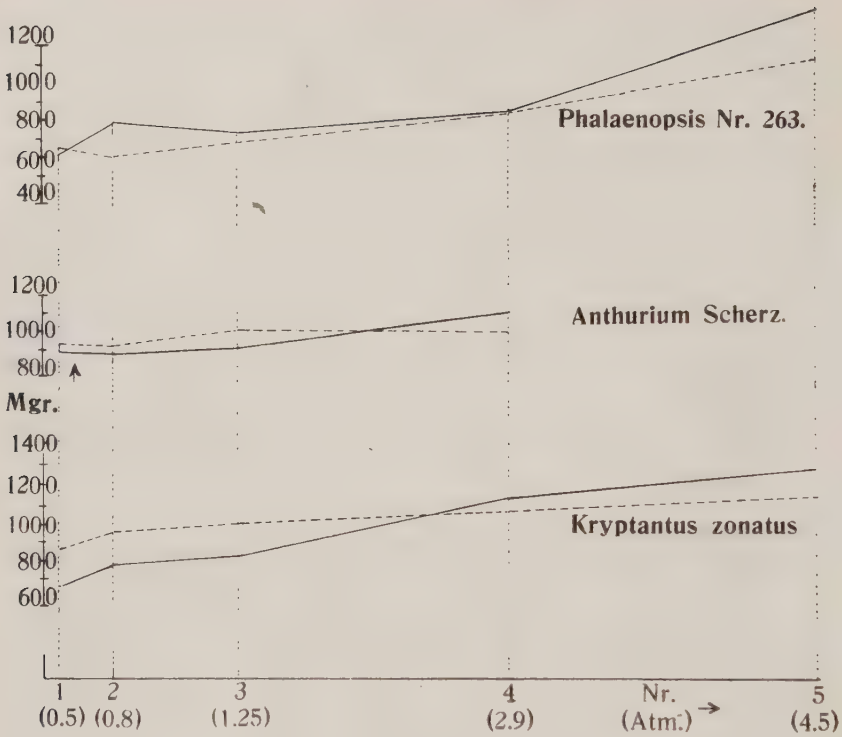
Die graphische Darstellung dieser Ergebnisse ist entstanden durch Berechnung der Mittelwerte aus jeweils der ersten Bestimmung und dem dazu gehörigen Wert der Kontrolle.


2400
2200
2000
1800
1600
1400
1200
1000
800
700
600
Mgr. Asche
1600
1500
1400
1200
1000
900
1800
1700
1600
1400
1200
1000
800
Phalaenopsis Nr. 263
Anthurium Scherz.
Kryptantus zonatus
1 (0.5)
2 (0.8)
3 (1.25)
4 (2.9)
Nr. (Atm.)
5 (4.5)

Figur 10.


2000
1800
1600
1400
1200
1100
Phalaenopsis Nr. 263
1700
1600
1400
1200
1000
Anthurium Scherz.
Mgr. Asche
1400
1200
1000
Kryptantus zonatus
1 (0.5)
2 (0.8)
3 (1.25)
4 (2.9)
Nr. (Atm.)
5 (4.5)

Figur 11.

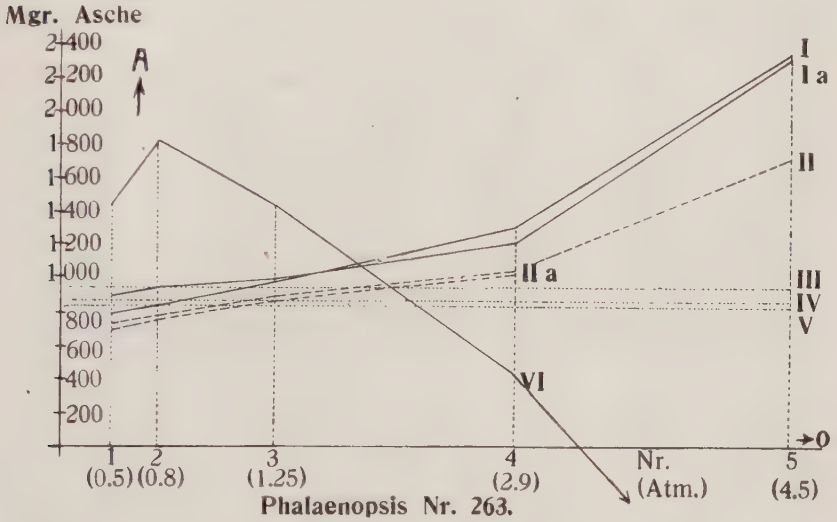


Figur 12.

Auffallend und von sehr guter Übereinstimmung zeigt sich, daß die Kurve der gewässerten Pflanzen stets wesentlich unter der Kurve der gewässerten Pflanzen stets wesentlich unter der Kurve der nichtgewässerten Pflanzen liegt, soweit es sich wenigstens um das Verhältnis von Asche zu Frischgewicht oder Asche zu Trockengewicht handelt. Daß bei dem Verhältnis von Trocken- zu Frischgewicht die Aussalzung im Bereich von ca. 100 mg pro 100 gr Frischgewicht sich hält, was bei Größen von mehreren gr Trockengewicht ja nur einen kleinen Bruchteil darstellt, dann aber auch darin, daß das Trockengewicht zu Frischgewichtsverhältnis etwas an sich Inkonstantes darstellt, da ja bekanntlich der Wasserhaushalt im Laufe des Tages und bei Witterungsänderung dieses Verhältnis stark beeinflußt.

Generell sehen wir ein starkes Ansteigen des relativen Aschen- und Trockengewichtsgehaltes bei den Pflanzen auf hochkonzentrierter Nährlösung. Am idealsten verhält sich Phalaenopsis die sich

hier als eine wirklich gut zu verwendende Versuchspflanze herausstellt im Gegensatz zu allen anderen untersuchten Orchideen. Um dieses zu demonstrieren habe ich bei Figur 13 für Phalaenopsis statt Mittelwerte zu verwenden die erste Messung und die Kontrollserie gewässert (2 + 2 a) und ungewässert (1 + 1 a) je für sich eingezeichnet. Um ein Bild von dem normalen Haushalt der Pflanzen zu erhalten habe ich horizontal den Aschengehalt einer auf normalem Orchideenkompost gewachsenen Phalaenopsis (Kurve 3) angegeben, sowie (Kurve 4) von einer ebensolchen, die vorher gewässert worden war. Und endlich (Kurve 5) den Aschengehalt einer Versuchspflanze, die zur Zeit des Versuchsanfangs getrocknet worden war.



Figur 13.

Wir sehen, daß etwa die Konzentration Nr. *2* den Anforderungen der Pflanze an den Salzgehalt des sie umgebenden Mediums unter natürlichen Bedingungen gleichkommt. Die Messungen des osmotischen Wertes von Preßsäften ergaben gleichfalls, daß Vergleichspflanzen, die auf Polypodium gezogen worden waren, in ihrem osmotischen Wert genau mit dem osmotischen Wert der Versuchspflanzen auf Konzentrationsstufen 1—*2* übereinstimmten. Vergleiche Figur 13 (3 und 4). Die Bestimmungen mit dem üblichen Mikrokryoskop für 1ccm Preßsaft ergaben nach der Nullpunktkorrektur und nach der Umrechnung von Gefrierpunktserniedrigung in Atm. nach der Tabelle von Harris und Gortner folgende Werte:

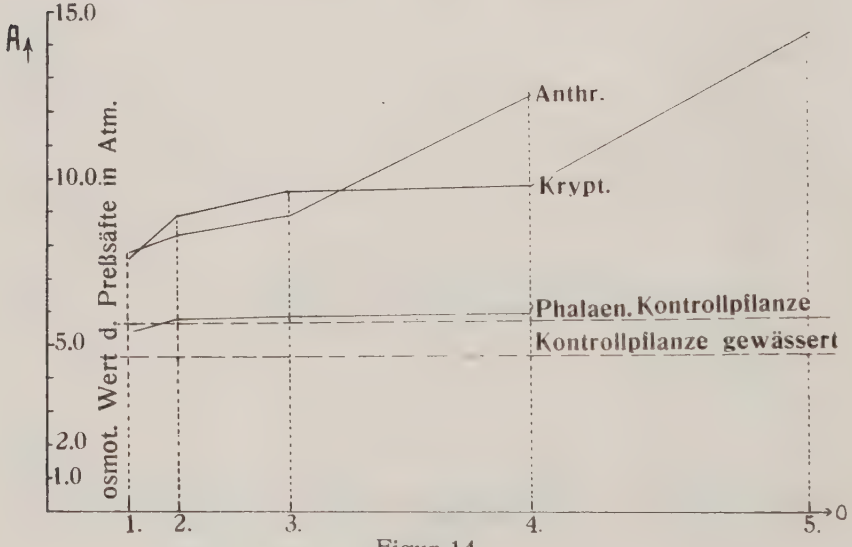
Tabelle 39.

	1	2	3	4	5
Phalaenopsis					
ungewässert	5,3	5,7	5,8	5,9	(+10,5)
gewässert	4,1	4,5	4,7	5,2	—
Anthurium	7,7	8,3	8,8	12,6	—
Cryptanthus	7,6	8,8	9,5	9,7	14,35

Vergleichspflanzen

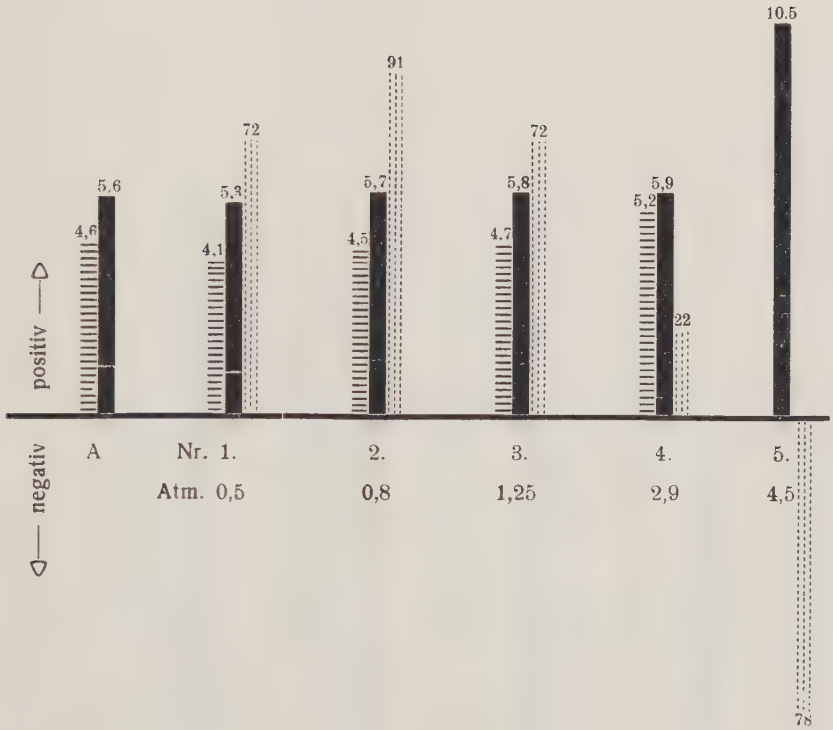
Phalaenopsis ungewässert 5,6 gewässert 4,6

Diese Zahlenergebnisse sind in nachstehender Figur 14 veranschaulicht.



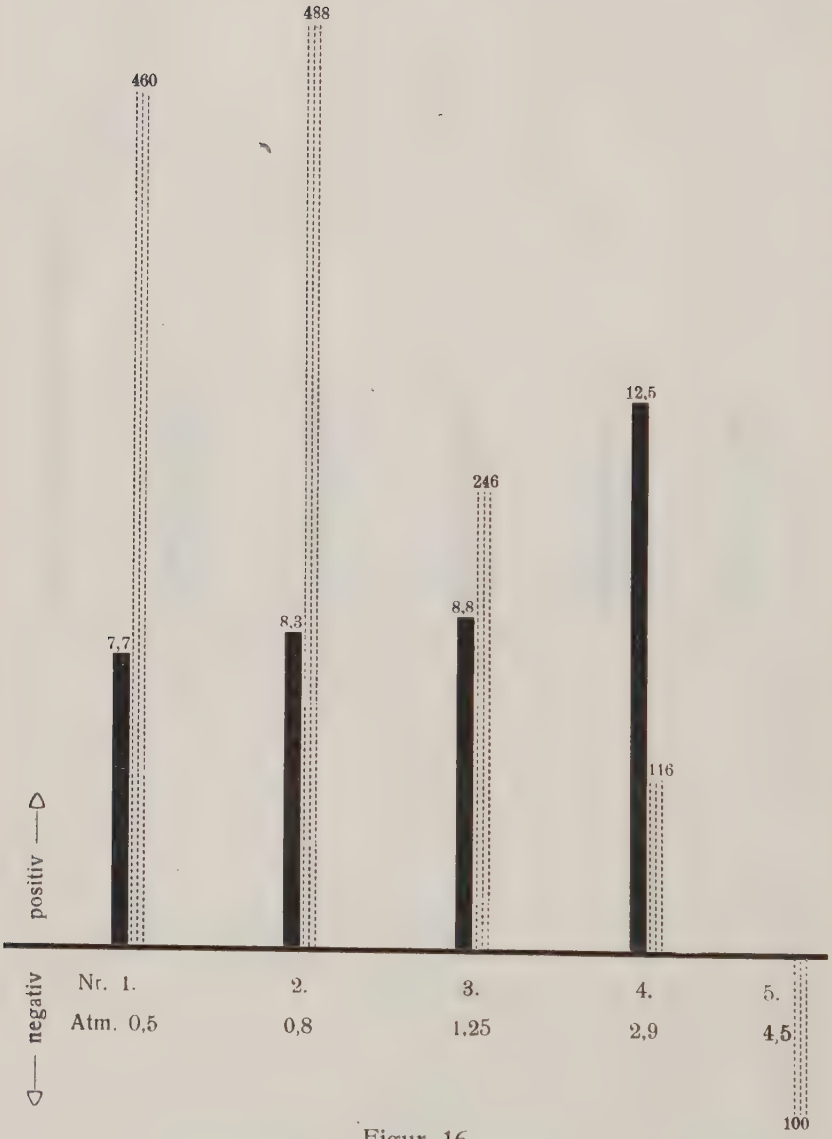
Figur 14.

Ich finde diese Ergebnisse überraschend und sehe in diesem Befund die Möglichkeit der Erklärung, warum Phalaenopsis sich so grundlegend von Cryptanthus unterscheidet. Betrachten wir die Kurven etwas genauer, so stellen wir fest, daß vor allem Cryptanthus aber auch Anthurium schrittweise mit steigender Konzentration den osmotischen Wert seines Zellsaftes zu erhöhen vermag bis zur höchsten noch erträglichen Konzentration. Ganz anders bei Phalaenopsis. Während die Steigerung des osmotischen Wertes von Konzentration 1—4 bei Anthurium von 7,73 bis 12,57 also um 4,84 steigt, bei Cryptanthus von 7,6 auf 9,6 also um 2,0, steigt der osmotische Wert bei Phalaenopsis

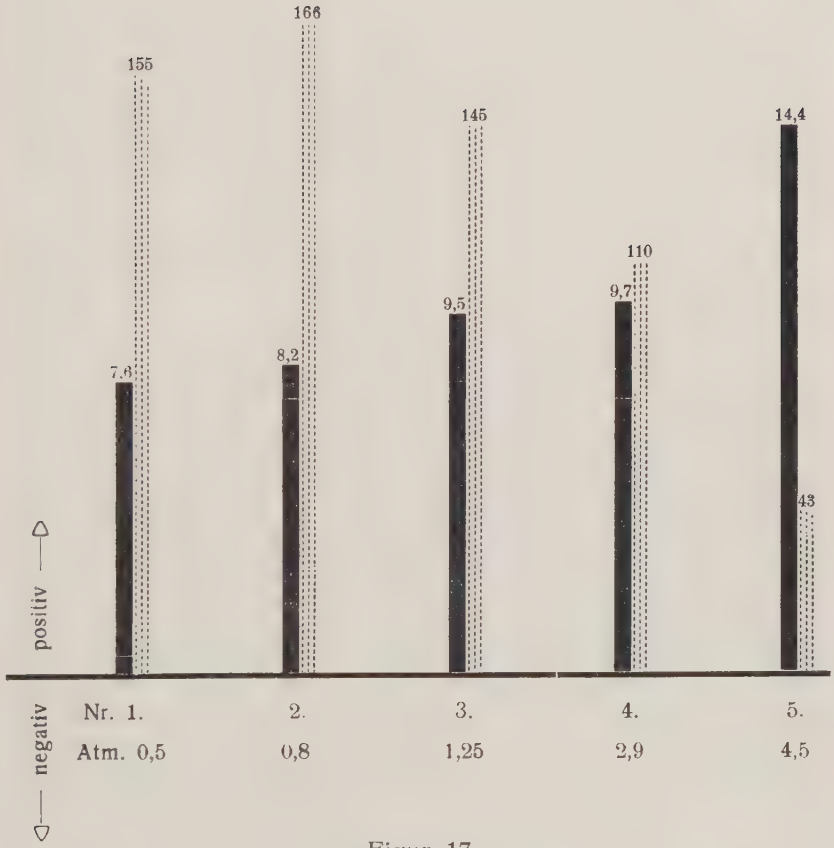


Figur 15

Phalaenopsis.



Figur 16
Anthurium.



Figur 17
Cryptanthus.

von 5,3 auf 5,9, also um nur 0,6 Atm. im gleichen Abschnitt. Der hohe osmotische Wert der Phalaenopsis auf Stufe 5 ist erklärlich dadurch daß die Planze nur noch aus 2 lose auf dem Schieferdeckel liegenden Blättern bestand, die der Sonnenbestrahlung und damit dem Tod des langsamen Eintrocknens entgegenging. Wesentlich ist jedenfalls, daß keine Phalaenopsis auch nicht auf Konzentrationsstufe 4 sich merklich über das Niveau des osmotischen Wertes des Preßsaftes erhob, den normal gezogene Pflanzen auf Polypodium zeigten. Diese Beobachtung wird noch verstärkt durch die Linie für gewässerte Phalaenopsis, denn diese zeigt in allen Fällen neben den in der vorhergehenden Figur gezeigten Aussalzung eine beachtliche Erniedrigung des osmotischen Wertes. Die Aussalzung, die die Erniedrigung des osmotischen Wertes bedingt, ist immerhin höher, nämlich 0,7 an ihrer niedrigsten Stelle, als das gesamte Steigerungsvermögen der Phalaenopsis beträgt.

Figur 15, 16, 17.

Die vergleichende Darstellung der Frischgewichszunahme und des osmotischen Wertes demonstrieren instruktiver als Worte das oben Gesagte.

Für Phalaenopsis zeigt sich der erhöhte osmotische Wert erkauft um die Preisgabe der Lebensmöglichkeit. Aber die Pflanze mußte diese Reaktion unternehmen um nicht in ihrem Wasserhaushalt Störungen zu erleiden. Diese Gefahr trat für Anthurium bei Konzentrationsstufe 5 ebenfalls auf, doch haben diese Pflanzen den Kampf um das Wasser verloren, da ihnen nicht die Sukkulenz der Blätter zustatten kam, wie bei Phalaenopsis mit deren Hilfe diese noch eine zeitlang vegetieren konnten. Cryptanthus zonatus als Vertreter xerophyler Epiphyten pariert den Ansturm der Salze indem er enfach seinen osmotischen Wert erhöht und einen beachtlichen Sockel von 10 Atm. Differenz zwischen seiner osmotischen Konzentration und der Konzentration der Nährlösung legt. Wie wir aus den anfangs geschilderten Versuchen der Bestimmung des maximalen Konzentrations-Wertes erwarten können, hätte Kryptanthus auch noch eine höhere Konzentrationsstufe ertragen, da ein Teil der Wurzeln selbst bei einer osmotischen Konzentration von cirka 13 Atm. unversehrt blieben.

Zusammenfassung.

Bei allen vorstehend beschriebenen Versuchen hat sich die Dreiteilung der Epiphyten in xero-, meso-hydro und hydrophile Typen klar und deutlich aufzeigen lassen. Die relative Größe des Mk-Wertes z. B. gibt uns einen genauen Maßstab an die Hand um diese Einteilung vorzunehmen. Die noch erträglichen Konzentrationen in Atm. liegen bei Bromeliaceen 12—6, bei

Rhipsalis um 6, bei Anthurium um 4, bei Orchideen unter *2* Atm. Wir haben weiterhin gesehen, daß diese Mk-Werte allerdings für das wirkliche Kulturoptimum keine Geltung haben. Das Optimum an Frischgewichtszunahme liegt bei den untersuchten Epiphyten Rhipsalis spec. Bilbergia liboniana, Anthurium scherzerianum, Phalaenopsis und Kryptanthus im Bereich der schwachen Konzentrationen, also etwa bei *2* gr lösliche Salze pro Liter oder etwa 1 Atm. Es ist charakteristisch für Epiphyten, daß selbst solche von ausgesprochen xerophylem Typus ihr Wachstumsoptimum im Bereich der niedrigen Konzentrationen haben. Gradmesser ihrer Widerstandsfähigkeit gegen hohe Salzkonzentrationen ist die Fähigkeit den osmotischen Wert ihres Zellsaftes zu erhöhen. Es wurde festgestellt, daß Kryptanthus diese Fähigkeit in hohem Maße besitzt, Anthurium ebenfalls, wenn auch ausgesprochen weniger, nicht dagegen Phalaenopsis. Interessant ist, daß diese Fähigkeit im großen und ganzen auf verschiedene systematische Familien verteilt ist, so daß wir folgende Reihe aufstellen können.

Bromeliaceen	Kaktaceen	Araceen	Orchideen
xerophil	mesohygrophil		hygrophil

Einschränkend muß allerdings gesagt werden, daß auch innerhalb dieser Familien verschieden ökologische Typen auftreten. So werden uns unter den Bromeliaceen z. B. ein großer Teil der Vrieseen, einige Tillandsien und Guzmannien als Bewohner feuchter Standorte angegeben, während selbst unter den Orchideen Vertreter zu finden sind die trockenere Standorte bevorzugen (gewisse Oncidien). Trotzdem aber paßt wohl für die Mehrzahl der Mitglieder einer Familie die oben angeführte Unterteilung. Vielleicht sind die Bezeichnungen Xerophil und Hydrophil nicht ganz zutreffend da wir unter ihnen eine Summe von verschiedensten auch morphologischen Merkmalen verstehen. Richtiger wäre vielleicht um ihrer mehr oder weniger großen Befähigung den osmotischen Wert ihres Zellsaftes zu erhöhen, gerecht zu werden, von Osmophil und Osmophob zu sprechen. Wir müßten also demnach sagen:

Bromeliaceen, Kakteen, (Ripsalis) Araceen und Orchideen.	
Osmophil	Osmophob.

Auf morpholigischem Gebiet wurde festgestellt: 1. Neigung zum gedrungenen Wuchstypus bei starker Alkalität der Nährlösung an Bromeliaceen und Araceen. *2.* Vermehrte Raphidenzellen auf höherer Salzkonzentration bei Phalaenopsis. *3.* Abhängigkeit der Wurzellänge von der Konzentration der Salzlösung bei Kryptantus. 4. Phalaenopsis als Mangan-absorbierende und -speichernde Pflanze.

Zum Schluß möchte ich einige Überlegungen über die Möglichkeit Epiphyten überhaupt auf Wasserkultur zu ziehen, wiedergeben. Sieht man, daß es Orchideen- oder Epiphytenwurzeln fertig bringen in Wasser zu leben und dies ist jedem Orchideengärtner geläufig, da er doch bei den Pflanzen, die über dem Wasserbassin stehen, gelegentlich Wurzeln bis unter den Wasserspiegel tauchen und dort gut gedeihen sieht, so ist von hier bis zur Kultur auf einem Gefäß mit Nährlösung kein weiter Schritt. Unter den Epiphyten, die ich auf Wasserkultur nahm, gelang es mehrmals junge, frisch von der Mutterpflanze getrennte Kryptantus-Stecklinge sofort auf Nährlösung zu setzen, wo sie gut gediehen, nach etwa Jahresfrist blühten und, wie ich mich mehrmals überzeugen konnte, reifen, keimfähigen Samen brachten. Verwandt wurde zu diesen Dauerversuchen stets die schwachsaure Zinzadze-Nährlösung. Auch Rhipsalis spec. und Anthurium scherzerianum zeigten sich diesen Versuchen zugänglich. Es gelang mir auch auf sandgesäte Anthuriumsamen auf Nährlösungen weiter zu kultivieren. Nach ca. 1 Jahr 10 Monaten zeigte sich die erste Blüte, die sich vollkommen normal entwickelte. Bei den Orchideen gewinnt dieses Problem ein gänzlich anderes Aussehen. Hinsichtlich ihrer mehr oder weniger leichten Kultivierbarkeit auf Nährlösung unterscheide ich zwei Gruppen. Die eine Gruppe enthält Pflanzen, die ohne morphologisch markante Periodik wachsen, Repräsentant Phalaenopsis. Die andere Gruppe zeigt Pflanzen, die periodisch im Jahr Wachstum und Ruhe zeigen und die, wie wir aus der gärtnerischen Praxis wissen, es sehr übel nehmen, wenn man sie durch irgendwelche Maßnahmen zwingt, zu annormaler Zeit zu wachsen oder zu ruhen. Die erste Gruppe zeigt sich als auf Wasserkultur sehr willig und schnell wachsend. Ein Phalaenopsis-Sämling, den ich im Sommer 1932 auf künstlichem Nährboden gekeimt hatte und nur von Februar bis Juli 1933 auf natürlichem Substrat war, im August 1933 auf Nährlösung genommen wurde, zeigte Januar 1935 die ersten Blüten. Im Lauf des Frühjahrs kamen noch mehrere Pflanzen zum Blühen. Ich befruchtete eine Blüte, jedoch reiften die Kapseln bereits im Mai, also nach ca. 5 Monaten und brachten nur tauben Samen. Im März befruchtete ich nochmals eine Blüte an, deren Samen sich jedoch ebenfalls wieder als taub erwies. Da die Taubheit der Samen sehr wohl auf anderen Ursachen beruhen kann, darf man dies nicht ohne weiteres der Wasserkultur zuschreiben. Jedenfalls läßt sich Phalaenopsis als Pflanze gut kultivieren. Es ist wahrscheinlich, daß zu saueres PH die Haltbarkeit der Blüten beeinträchtigt. Doch sind die Versuche zur Klärung dieser Frage nicht in genügender Zahl gemacht worden. Anders ist es bei Cattlyen. Hier stößt schon die Kultur der erwachsenen Pflanze auf Schwierigkeiten. Man betrachte die Skizze mit den 3 Wuchsstadien einer Cattlya auf Seite 12, Fig. 1. und bedenke, daß jede Pflanze nur einen Trieb pro Jahr macht.

Tritt bei Cattlya trianae ein junger Trieb im Herbst auf, so stellt das meist eine Anormalität dar, die meist durch falsches Gießen hervorgerufen ist. Ich benutzte zu meinen Dauerversuchen Sämlinge von Cattlya purpurata. Triebzeit ist Sommer. Nährlösung war Zinzadze schwach sauer. Brachte ich diese etwa 6 Jahre alten Sämlinge auf Nährlösung, so begann sofort ein sehr reges Wachstum. Gewöhnlich trieben sogleich zwei starke Augen aus, die jedoch kleiner blieben als die bisherigen Triebe, was jedoch, da sie statt einen Trieb deren 2 machten, nicht verwunderlich ist. Jedoch bereits vor Ende des ersten Halbjahres kamen meist noch ein oder zwei weitere Triebe, die aber bedeutend kleiner blieben und manchmal bildete sich noch ein letzter Trieb im Jahr, der meistens in seiner Entwicklung steckenblieb und im halbfertigen Zustand abfaulte. Im Frühjahr 1934 versuchte ich es wieder mit Cattleyen und glaubte durch Verändern der Nährlösung im geeigneten Augenblick das vorwärtstreibende Wachstum aufhalten zu können. Als Nährlösung benutzte ich wieder die Zinzadze schwach sauer, jedoch 1 : 1 mit destilliertem Wasser verdünnt. Sobald der junge Trieb auszureifen begann, änderte ich die Nährlösung, indem ich sie 1 : 10 verdünnte (jedoch mit gleicher Trikalziumphosphatzugabe). Da sich auch jetzt noch neue Triebe bildeten, setzte ich einige Cattlyen auf reines aqua dest. und zwar etwa 4 Wochen vor dem Ausreifen des Triebes. Dies kann man sehr gutgraduieren an der Färbung des obersten und zweitobersten Hüllblattes, das um den Bulbus liegt. Erfolg: auch jetzt noch auf destilliertem Wasser trieben junge Augen aus. Nun versuchte ich es mit einer noch brutaleren Maßnahme, die zum Erfolg zu führen schien. Sobald ein Trieb annähernd ausgereift war, nahm ich die Pflanze von dem Gefäß ab und legte sie einfach trocken an einem schattigen Platz auf der Stellage. So präparierte Pflanzen machten nach einigen Monaten wieder auf Nährlösung gesetzt, nachdem sich deutlich Schrumpfung an den Bulben gezeigt hatte einen sehr schönen Trieb, der größer war als alle vorher gemachten. Allerdings verdient diese Methodik nicht mehr den Namen Wasserkultur. Leider blieb mir keine Zeit mehr diese Versuche, die ich zum Teil an Oncidium Rogersi mit gleicher Methode und gleichem Erfolg machte, weiter fortzuführen. Außerdem sind solche Versuche sehr kostspielig.

Zusammenfassung: aperiodische Orchideen lassen sich nach meinen Erfahrungen gut auf Nährlösung kultivieren, periodisch wachsende Orchideen werden nur unter allergrößten Schwierigkeiten unter Opfern manchmal auch gar nicht auf Nährlösung zu kultivieren sein.

Literaturverzeichnis.

Aljin W. S.: Anpassung der Halophyten an konzentrierte Salzlösungen. Planta 1932, 16, S. 352.

Arens: Die cutikulare Exkretion des Laubblattes.

Arrhenius O.: Absorption von Nährstoffen und Pflanzenwachstum in Beziehung zum PH. — Z. f. Pflanzenernährung und Düngung. 1924, A. S. 424.

Beneke, W.: Über die Giftwirkung verschiedener Salze auf Syrogyra und Entgiftung durch Calzium. Ber. dtsch. Bot. Ges. Bd. 25, 1907, S. 322.

Burk, Lirse, Weaver und Horner: Wirkung von Humussäuren auf Eisen. Soil Science 33, 1932, 413.

Burgeff: Saprophytismus und Symbiose. Jena 1932.
Die Anzucht tropischer Orchideen aus Samen. Jena 1911.
Samenkeimung der Orchideen. Jena 1936.

Burgerstein: Übersicht über die Untersuchung über die Wasseraufnahme der Pflanzen durch die Oberfläche.

Domantowitsch und Zinzadze: Versuche zur Verbesserung der Nährlösungen für höhere Pflanzen durch Zugabe von Pufferstoffen und Absorbentien. J. f. landwirtschaftl. Miss. Moskau 1928. Bd. V. S. 16—29. (russisch) Ref. Bot. Zbl.

Dufrenoy: Einfluß des PH. auf den Zellbau. Rev. gen. Bot. 44, 1932, 153.

Hilitzer: Humusuntersuchungen. Beih. z. Bot. Zbl. 49, 1932, 467.

Hiltner: Handbuch der Pflanzenernährung und Düngelehre. Hrsgb. Honkamp Rostock 1931. (Abschn. über Wasserkultur und Vegetationsversuch).

Kissel: A. D.: Kurze Studien über die Ursachen der erfolgreichen Wirkung der Braunkohle auf die Entwicklung von Nutzstoffen. „Brennstoffchemie" 11, H. 13, 257—260. 1930.

Köhler B.: Sexualhormone im Moor von Bad Elster. Medizin. Wochenschrift No. 1933.

Knudson: Flower production of orchids grown nonsymbiotically. Bot. Gaz. 87, 192—199. 1930.
Physiological studies on the symbiotic germination of Orchidseeds. Bot. Gaz. 79 Nr. 4. 1925.
Bot. Gaz. 77, S. 192—199. 1924.
Bot. Gaz. 73, S. 1—25. 1922.

Lieske, R.: Untersuchungen über die Verwendbarkeit von Kohlen als Düngemittel. „Brennstoffchemie" 12, S. 81—85. 1930.
Biologie und Kohleforschung. „Brennstoffchemie" Bd. 10, S. 437, 1929.
Beiträge zur Kenntnis der Ernährungsphysiologie extrem atmosphärischer Epiphyten. Jb. f. wiss. Bot. Bd. 56, S. 112, 1915.

Mevius, W.: Weitere Beiträge zum Problem des Wurzelwachstums. Jb. f. wiss. Bot. 69, H. 1, 119—190. 1928.

Mez: Physiologische Bromeliaceenstudien. Jb. f. wiss. Bot. 40, 1904.

Nikitinski, J.: Über die Zersetzung der Huminsäuren durch physikalisch-chemische Agentien und durch Mikroorganismen. Pringsheims Jahrbücher 37, S. 365—420. 1902.

Niklewski B. u. Krause A.: Über den Einfluß der Kolloidsubstanzen auf die Entwicklung des Wurzelsystems der Pflanze. Pringsheim Jbr. 70, S. 158, 1929.

Olsen, C.: Über den Einfluß von Huminsubstanzen auf Wachstum der Pflanzen in Wasserkultur. „Brennstoffchemie" 11, S. 269, 1930.

Pantanelli E.: Über Ionenaufnahme. Pringsheim Jbr. 56, 689, 1915.

Quednow: Aufnahme gelöster C-Verbindungen durch Orchideen. PH.-Optimum. Bot. Arch. 30, S. 51—108, 1930.

Stahl: Aschengehalt der Orchideen. Flora 11. 1919, H. 1.

Steiner, M.: Ökologie der Salzmarschen in U. S. A. Pringsheim, Jbr. d. Bot. 86.

Wetzel, K.: Beitrag zur Anatomie der Saughaare von Bromeliaceen. Flora 17, 133—143, 1924.

Walter, H.: Die kryoskopische Bestimmung des osmotischen Wertes bei Pflanzen. Hb. d. biol. Arbeitsmeth. Abt. 11. T. 4. S. 352.

Wynd Lyle F.: Nutrient solutions for orchids. Ann. of Miss. Bot. Graden. vol. 20, Nr. 2 1933.
daselbst Vol. 20 Nr. 2 1933 und Nr. 1 1933.

Zindzadze: Nutrition artificelle des Plants cultivées. I. Melange nitritifs à PH. stable. — Centre nat. des recherch. agronomiques. Versailles 1933.

Text zu Figur 1 (Seite 12).

Erläuterung im Text.

Text zu Figur 2 (Seite 17).

Graphische Darstellung aller Kulturversuche auf den 4 Nährlösungen nach Zinzadze. Auf A: Die prozentuale Frischgewichtszunahme in gr., auf o: Die 4 Nährlösungen „sauer", „schwach sauer", „neutral" und „alkalisch".

Text zu Figur 3 (Seite 18).

Wie Figur 2, jedoch sind die Kurven so transponiert, daß die Optima auf annähernd gleiche Höhe kommen.

Text zu Figur 4 (Seite 20).

Bewurzelung von Kryptanthus acaulis ruber, links: auf Nährlösung gewachsen. Rechts: auf gärtnerisch üblicher Erdmischung. Neben den Wurzeln die Centimetereinteilung und die Zahl der Nebenwurzeln zweiter, dritter und vierter Ordnung. Nähere Erläuterung im Text.

Text zu Figur 5 (Seite 29).

Bilbergia Liboniana auf Nährlösungen von verschiedener Konzentration, mit und ohne Orchidalzusatz. A. trägt die Frischgewichtsänderung in % des Ausgangsgewichtes. 0 trägt die 5 verwandten Konzentrationsstufen. m. 0 bedeutet Nährlösung mit Orchidal, o 0 bedeutet ohne Orchidal. Diff zeigt die Differenz der beiden Kurven.

Text zu Figur 6 (Seite 30).

Wurzeln von Phalaenopsis hybr. auf verschiedenen Konzentrationen von Eisensulfat $Fe_2(SO_4)_3$. Auf A ist die Zahl der absterbenden Wurzeln in % aller auf dieser Stufe verwandten Wurzeln angegeben. Auf 0 sind die 6 Konzentrationsstufen angegeben. ⁞⁞ bedeutet Lösung mit Orchidal, ≡ bedeutet Lösung ohne Orchidal.

Text zu Figur 7 (Seite 35).

Auswertungsplan des Konzentrationsversuches auf den Nährlösungen nach Zinzadze mit Phalaenopsis hybr., Anthurium Scherzereanum und Cryptanthus bivit. Nr. I, Nr. 2, u. s. f. bedeuten die 5 verwandten Konzentrationsstufen. (Tabelle 31). Unter diesen ist je eine dreispaltige Kolonne; hierin bedeutet: P = Phalaenopsis A = Anthurium und C = Cryptanthus. Näheres siehe Text.

Text zu Figur 8 (Seite 37).

Abhängigkeit von Wurzellänge und Konzentration der Nährlösung. A stellt eine Millimetereinteilung dar. Auf 0 sind die Konzentrationsstufen 1 bis 5 nebst osmotischem Wert der Nährlösung angegeben. Kurve I zeigt die durchschnittliche Länge der Wurzeln

einer Pflanze, 2 die durchschnittliche Gesamtlänge aller Wurzeln. ▮ bedeutet: Zahl der Wurzeln pro Pflanze. ▯ bedeutet vergleichsweise Angabe des osmotischen Wertes der Preßsäfte in Atmosphären (I Atm = 10 mm). Cryptanthus.

Text zu Figur 9 (Seite 39).

Relative Frischgewichtszunahme bei steigender Konzentration der Nährlösung auf A die Frischgewichtsänderung, auf 0 die 5 Konzentrationsstufen nach Nummern und Atmosphären ( ).

Text zu Figur 10 (Seite 42).

Aschengehalt bei steigender Konzentration der Nährlösung. Aschengehalt in mgr. pro 100 gr Frischgewicht. Nr. 1 bis 5 sind wieder die Konzentrationsstufen nach Nummern und nach Atmosphären. Jeder Kurvenpunkt ist entstanden aus dem Mittel von 4 Pflanzen ausgenommen Phalaenopsis von welcher je 2 Pflanzen für jede der beiden ausgezogenen Kurven dienten.
——— bedeutet ungewässerte Pflanzen, - - - - - - bedeutet gewässerte Pflanzen.

Text zu Figur 11 (Seite 43).

Aschengehalt in mgr. pro 10 gr Trockengewicht. Art der Darstellung siehe Figur 10.

Text zu Figur 12 (Seite 44).

Trockengewicht in mgr. pro 10 gr Frischgewicht. Art der Darstellung siehe Text zu Figur 10.

Text zu Figur 13 (Seite 45).

Aschengehalt von Phalaenopsis auf Nährlösung im Vergleich zu Pflanzen in gärtnerisch üblicher Kultur. A trägt mgr. Asche, 0 die 5 Konzentrationsstufen. I = Aschengehalt in mgr pro 100 gr Frischgewicht, I a = 2 te Bestimmung. 2 und 2 a wie I und I a jedoch von gewässerten Pflanzen. 3 Aschengehalt von Planzen, die bis zur Beendigung des Versuches auf normalem Substrat kultiviert worden waren, 4 wie 3 jedoch vor der Messung gewässert. 5 = Aschengehalt von 3 Pflanzen, die bis zum Beginn meines Versuches auf normalem Substrat standen zum Vergleich mit meinen Ausgangspflanzen. 6 = die Frischgewichtskurve aus Figur 9.

Text zu Figur 14 (Seite 46).

Änderung des Osmotischen Wertes des Preßsaftes bei Steigerung der Konzentration der Nährlösung. Auf A sind die osmotischen Werte der Preßsäfte in Azm. eingetragen. Auf 0 sind die 5 Konzentrationsstufen abgebildet. Näheres siehe Text.

Text zu Figur 15 (Seite 47).

Phalaenopsis Hybr. ▒ bedeutet Frischgewichtsänderung in % des Ausgangsgewichtes. ■ bedeutet osmotischer Wert des Preßsaftes in Atm. ≡ bedeutet osmotischer Wert des Preßsaftes gewässerter Pflanzen in Atm. Unter A Werte von Vergleichspflanzen, die bis zur Beendigung des Versuches auf natürlichem Substrat wuchsen.

Text zu Figur 16 (Seite 48).

Frischgewichtsänderung bei Anthurium Scherzerianum. Bezeichnung wie bei Figur 15.

Text zu Figur 17 (Seite 49).

Frischgewichtsänderung bei Kryptanthus zonatus. Bezeichnung wie bei Figur 15.

Meinem hochverehrten Lehrer, Herrn Professor Dr. H. Burgeff, spreche ich auch an dieser Stelle meinen tiefgefühlten Dank aus für das meiner Arbeit entgegengebrachte Interesse, dessen ich mich stets erfreute.

Lebenslauf.

Als Sohn des Kaufmanns Moritz Schwarz und seiner Ehefrau Anna, geb. Glasmacher, wurde ich am 19. Juli 1910 in Düsseldorf geboren. Dort besuchte ich die Vorschule des Hohenzollerngymnasiums, sodann die Oberrealschule am Fürstenwall, die ich 1930 mit dem Zeugnis der Reife verließ. Ich studierte Naturwissenschaften 1930—31 in Würzburg, 1931—32 in München, 1932—36 in Würzburg. Meinen akademischen Lehrern, den Herrn Professoren Branscheidt, Broili, Burgeff, Dimroth, Emmert, Gerlach, Goebel, Harms, Kaiser, Penners, Schleip, v. Wettstein und Wieland fühle ich mich für die mannigfachen Anregungen und Förderungen aufs tiefste verpflichtet.